



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ KRAJINY

INSTITUTE OF LANDSCAPE WATER MANAGEMENT

**SPOJENÍ TECHNICKÉ A PŘÍRODNÍ
INFRASTRUKTURY V NÁVAZNOSTI
NA KLIMATICKÉ ZMĚNY VE MĚSTECH**

LINKING TECHNICAL AND NATURAL INFRASTRUCTURE TO CLIMATE CHANGE
IN CITIES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Lenka Svobodová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MICHAL KRIŠKA, Ph.D.

BRNO 2019



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3656 Městské inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program
Studijní obor	3647R025 Městské inženýrství
Pracoviště	Ústav vodního hospodářství krajiny

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Lenka Svobodová
Název	Spojení technické a přírodní infrastruktury v návaznosti na klimatické změny ve městech
Vedoucí práce	Ing. Michal Křiška, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2018
Datum odevzdání	24. 5. 2019

V Brně dne 30. 11. 2018

prof. Ing. Miloš Starý, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

- 1) Morgan Scoville-Simonds, Climate, the Earth, and God - Entangled narratives of cultural and climatic change in the Peruvian Andes, *World Development*, Volume 110, 2018, Pages 345-359, ISSN 0305-750X, <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2018.06.012>.
- 2) Karoliina Pilli-Sihvola, Atte Harjanne, Riina Haavisto, Adaptation by the least vulnerable: Managing climate and disaster risks in Finland, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, Volume 31, 2018, Pages 1266-1275, ISSN 2212-4209, <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2017.12.004>.
- 3) D.K. Bardsley, Indigenous Knowledge and Practice for Climate Change Adaptation, Editor(s): Dominick A. Dellasala, Michael I. Goldstein, *Encyclopedia of the Anthropocene*, Elsevier, 2018, Pages 359-367, ISBN 9780128135761, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809665-9.09797-4>.
- 4) Edward Ng, Chao Ren, China's adaptation to climate & urban climatic changes: A critical review, *Urban Climate*, Volume 23, 2018, Pages 352-372, ISSN 2212-0955, <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2017.07.006>.
- 5) Malcolm Araos, Lea Berrang-Ford, James D. Ford, Stephanie E. Austin, Robbert Biesbroek, Alexandra Lesnikowski, Climate change adaptation planning in large cities: A systematic global assessment, *Environmental Science & Policy*, Volume 66, 2016, Pages 375-382, ISSN 1462-9011, <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2016.06.009>.
- 6) Francisca C. Aguiar, Julia Bentz, Joao M.N. Silva, Ana L. Fonseca, Rob Swart, Filipe Duarte Santos, Gil Penha-Lopes, Adaptation to climate change at local level in Europe: An overview, *Environmental Science & Policy*, Volume 86, 2018, Pages 38-63, ISSN 1462-9011, <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.04.010>.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Práce se bude soustředit na zpracování teoretické části, zahrnující zejména zahraniční literární rešerši v oblasti klimatických změn v souvislosti s městskou krajinou. Cílem rešerše popis technických opatření a technické infrastruktury a zároveň definice možné přírodní infrastruktury, kterou lze v městské krajině nacházet nebo projektovat.

V praktické části se práce zaměří na konkrétní vybraný příklad, resp. jedno konkrétní opatření, které bylo realizované ve městě Brně. Cílem práce bude kromě vyhodnocení části meteorologických dat také vyhodnocení dat z termokamery, zachycující rozdíl mezi technickou a přírodní městskou krajinou.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

ABSTRAKT

Práce se zaměřuje na spojení technické a přírodní infrastruktury ve městech, s ohledem na klimatické změny. Prostřednictvím městského zemědělství, představuje různé druhy pěstování rostlinných plodin ve městech.

V teoretické části jsou popsány změny klimatu jako globální hrozba a dále je rozebrán zesilující vliv na města. Je uvedeno mnoho příkladů adaptace a mitigace pro hustě osídlené oblasti a dále pojednává o konkrétních příkladech zemědělství ve městech ve světovém i lokálním měřítku.

V praktické části je rozebrán konkrétním příklad technického opatření z města Brna, především jsou demonstrovány rozdíly mezi technickou a přírodní infrastrukturou a je představena výpočetní metoda na šetrné pěstování plodin nejen ve městech.

ABSTRACT

The thesis is focused on linking technical and natural infrastructures in cities with respect to climate change. Various means of growing plants are presented by introducing urban farming.

In the first, theoretical section, climate change is claimed to be a global threat for human kind which is more and more visible in cities.

Many examples of adaptation and mitigation of climate change in cities are displayed.

In the second, practical section, one existing technical measure from Brno city is examined – difference between technical and natural infrastructure is demonstrated. Finally, calculation method for environment-friendly crops growing, not only for cities, is introduced.

KLÍČOVÁ SLOVA

Klimatická změna, emise, skleníkové plyny, adaptace, zelená a modrá infrastruktura, městské zemědělství, vyvýšené záhony, dešťová voda.

KEYWORDS

Climate change, emission, Greenhouse Gas, adaptation, green and blue infrastructure, urban farming, raised beds, rain water.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Lenka Svobodová *Spojení technické a přírodní infrastruktury v návaznosti na klimatické změny ve městech*. Brno, 2019. 81 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí práce Ing. Michal Kříška, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Spojení technické a přírodní infrastruktury v návaznosti na klimatické změny ve městech* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 23. 5. 2019

Lenka Svobodová
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Spojení technické a přírodní infrastruktury v návaznosti na klimatické změny ve městech* zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 23. 5. 2019

Lenka Svobodová
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych ráda poděkovala panu Ing. Michalovi Kříškovi, Ph.D. za kvalitní a obohacující vedení při zpracování práce a za nasměrování i jiným směrem, než který jsem viděla já. Také bych ráda poděkovala panu architektovi Vojtěchovi Lekešovi, MSc. za prvotní inspiraci, která prohloubila můj zájem v této problematice. Dále bych chtěla poděkovat rodině za jejich velkou trpělivost a podporu.

Obsah

1	Úvod.....	8
2	Klimatický systém Země.....	9
2.1	Základní pojmy.....	9
2.2	Mezinárodní organizace, úmluvy a jiné podklady	11
3	Změna klimatu	13
3.1	Příčiny změny klimatu.....	14
3.2	Vývoj změny klimatu	16
3.2.1	Vývoj průměrné povrchové teploty na Zemi	18
3.2.2	Změny v úhrnu srážek na Zemi.....	19
3.2.3	Sucho.....	22
3.3	Dopady změny klimatu	24
3.3.1	Tání ledovců.....	24
3.3.2	Eroze	24
3.3.3	Dopad změn na lesní systémy	25
3.3.4	Ostatní dopady změny klimatu	27
3.4	Konkrétní případy.....	28
4	Klimatické změny a města.....	31
4.1	Dopady změny klimatu ve městě	33
4.1.1	Vlny horka a městský tepelný ostrov	33
4.1.2	Říční povodně, přívalové srážky a nedostatečné zasakování.....	34
4.1.3	Sucho a nedostatek vody.....	35
4.1.4	Dopady klimatických změn ve městě Brno	35
4.2	Konkrétní příklady měst a dopady na ně.....	35
4.3	Mitigace a adaptace měst na změnu klimatu.....	37
4.4	Konkrétní příklady opatření ve městech.....	40

5	Klimatické změny a zemědělství.....	43
5.1	Stav současné zemědělské produkce v ČR.....	43
5.2	Městské zemědělství.....	44
5.2.1	Výhody městského zemědělství.....	45
5.2.2	Správný prostor pro městské zemědělství.....	46
5.2.3	Způsoby pěstování plodin ve městech	49
5.2.4	Způsoby prodeje městských produktů	49
5.3	Konkrétní příklad z města Brna.....	50
5.3.1	Boromejská zahrada	51
5.4	Konkrétní opatření – vyvýšené záhony	53
5.4.1	Výhody a nevýhody vyvýšených záhonů.....	53
5.4.2	Materiál pro založení záhonu	54
5.4.3	Postup při založení záhonu.....	55
6	Koncepce pěstování rostlin za využití pouze dešťové vody.....	57
6.1	Vstupní hodnoty a výpočet množství dešťové vody z různých povrchů.....	57
6.2	Závlahové množství	60
6.2.1	Závislost objemu nádrže na ploše záhonku.....	62
6.3	Výnos, cena a návratnost.....	63
7	Porovnání technické a přírodní infrastruktury z města Brna	65
7.1	Porovnání Zelného trhu a Denisových sadů.....	65
7.2	Porovnání přírodních prvků z Boromejské zahrady	66
8	Závěr.....	72
9	Seznam použitých zdrojů	74

1 Úvod

Žijeme ve světě, kde stále větší část obyvatel sídlí ve městech. Tento trend stále přetrvává a ať už to jsou maloměsta, světová velkoměsta nebo megaměsta, přináší určitou daň pro nás i budoucí generace. S narůstajícím počtem obyvatel, a to nejen ve městech, narůstá i produkce emisí. Roste automobilová i jiná doprava, konzumuje se více jídla, spotřebovává se více elektrické energie. Tyto emise přímo způsobují klimatické změny.

Klima se u nás měnilo už od pradávných dob. Strídaly se zde pouště s ledem, kontinenty se spojovaly a zase ropadaly a s tím se i vyvíjela fauna a flora. V minulosti však vše trvalo déle a rostliny a živočichové měli tak více času se adaptovat. Dnes lidská činnost tuto rychlost zvyšuje a ve výsledku zvyšuje i pravděpodobnost, že na naší Zemi bude stále více nestabilní klima. Každým rokem se tak stává Země zranitelnější a s ní i její obyvatelé.

Bakalářská práce je zaměřena na konkrétní adaptační opatření na klimatické změny, s cílením na městskou krajinu, kde je z globálního pohledu nejvyšší koncentrace obyvatel, resp. největšího negativního vlivu na klimatické změny. Pro vytvoření správné symbiózy člověka a města je důležité přivádět do měst více krajinných prvků a systematicky tyto aktivity udržovat. Konkrétní možností, jak se s těmito změnami obstojně vypořádat, je městské zemědělství. Se vzrůstající urbanizací roste i větší poptávka po kvalitních produktech, což ale klade v aktuální situaci větší tlak na dodavatele. Díky městskému zemědělství je možné tuto poptávku částečně snížit.

Městské zemědělství zahrnuje veškeré činnosti spojené se zahradnictvím, produkce potravin nebo i chovu zvířat. Farmaření ve městech nemusí vznikat pouze na rozsáhlých zelených plochách, kterých je ve městech málo. Dají se využít také zpevněné plochy, střechy a jiné alternativy.

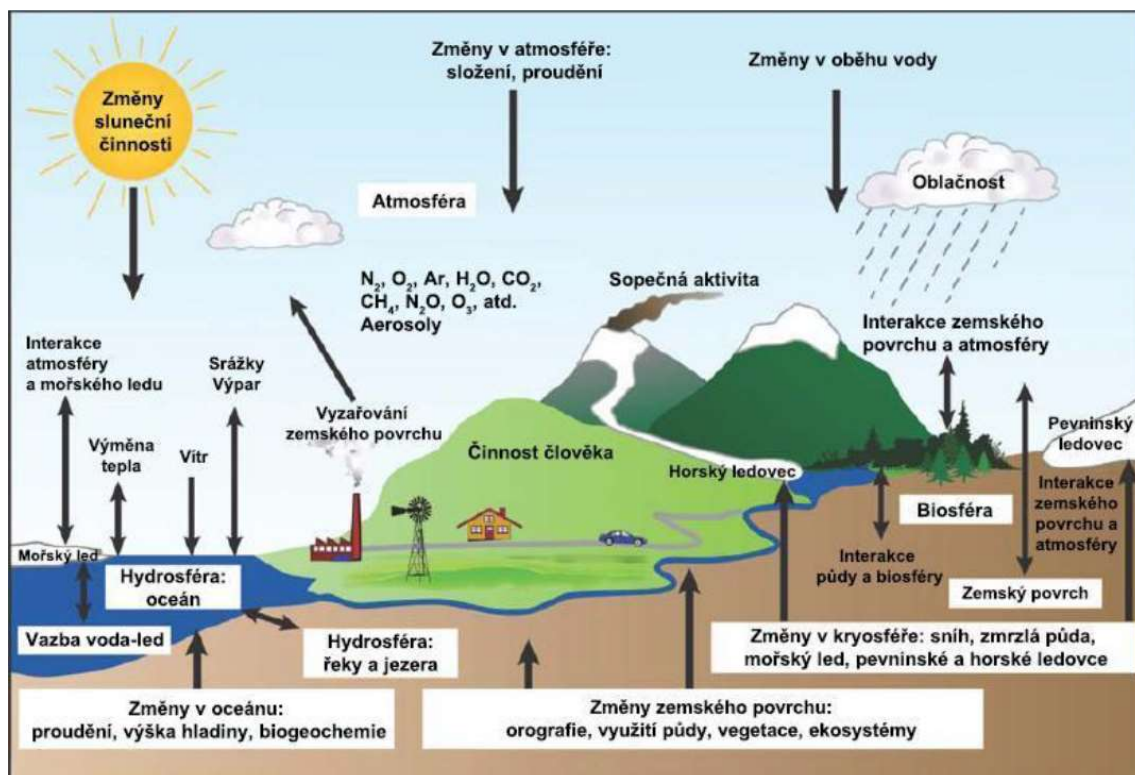
Snahou této práce je poskytnout teoretický návod, jak do měst a svých domovů efektivně začleňovat zemědělsky využitelnou krajinu a zároveň podat důkaz o tom, že konkrétní opatření jsou efektivní, a to jak z pohledu soběstačnosti, udržitelnosti, ale i ekonomiky a ekologie.

2 Klimatický systém Země

2.1 Základní pojmy

Klima neboli podnebí je výsledkem vzájemné interakce několika faktorů. Můžeme je rozdělit do tří skupin. Extraterestrické (mimozemské) jako je např. sluneční záření, terestrické (vlastnosti zemského povrchu) jako je třeba rozložení kontinentů, vulkanická činnost nebo druh vegetace a poslední faktor je antropogenní (lidská činnost) [1].

Klimatický systém je složitý systém. Jeho existence je vázána na vznik Sluneční soustavy a planety Země. Skládá se z pěti hlavních složek: atmosféry (vzdušný obal Země), hydrosféry (vodstvo), litosféry (půda) včetně kryosféry (oblasti ledu) a biosféry (oblast, ve které se nachází život) [2]. Poslední čtyři složky představují aktivní povrch. Sluneční energie, která se dostává do interakce mezi atmosférou a aktivním povrchem je hlavním důvodem meteorologických a **klimatických změn** [3]. Obrázek 2.1 popisuje základní složky klimatického systému na Zemi.



Obrázek 2.1. Schéma základní části klimatického systému Země [1]

Typickou vlastností klimatického systému je, že se neustále proměňuje a vyvíjí, díky tomu ani současná věda nemůže přesně popisovat a předpovídat její další vývoj [4].

Se změnou klimatu se také přímo pojí termín **globální oteplování**, který je v poslední době velmi diskutovaný. Popisuje nerovnoměrné a pokračující zvyšování průměrné teploty na zemském povrchu v důsledku zvýšení koncentrací skleníkových plynů v atmosféře, tzv. skleníkového efektu [5].

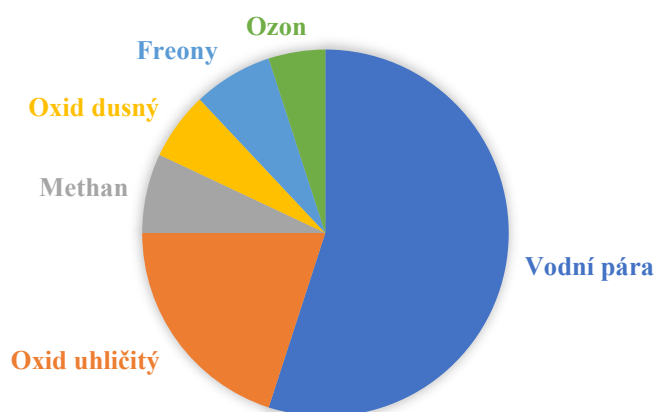
Skleníkový efekt je proces, při kterém dochází k ohřevu planety. Na zemský povrch od Slunce dopadá záření, určitá část tohoto záření následně naši planetu opouští. Opouštějící záření nabývá dvou forem: odražené sluneční záření a tepelné záření. Tepelné záření při opouštění naší planety z části zachycují skleníkové plyny [6].



Obrázek 2.1 Skleníkový efekt [7]

Skleníkové plyny mají odlišnou schopnost pohlcovat a odrážet infračervené záření. V závislosti na oblačnosti propouštějí část infračerveného slunečního záření na zemský povrch. Při průchodu přes čistou atmosféru bez vodních par dopadne na zemský povrch a ohřívá jej 80 % záření a při průchodu přes vodní páry (mraky) klesne množství IR paprsků na 45-10 %. V noci naopak brání v úniku tepla zpět do vesmíru. Pouze malá část tepla (vlnové délky 8-13 mikronu) odchází do vesmíru, přes atmosférické okno. Zvyšováním koncentrací skleníkových plynů v atmosféře uniká méně tepla do vesmíru, a tím ho více zůstane v atmosféře. Odhadovaný poměr skleníkových plynů je zobrazen v grafu 2.1 [8].

POMĚR SKLENÍKOVÝCH PLYNŮ



Graf 2.1 Poměr skleníkových plynů [9]

2.2 Mezinárodní organizace, úmluvy a jiné podklady

Zcela nejvýznamnější organizací zajišťující syntézu výsledků výzkumu změny klimatu je Mezivládní panel pro změnu klimatu (IPCC), který byl založen Světovou meteorologickou organizací (WMO) a Programem OSN pro životní prostředí (UNEP) v roce 1988. Vznikl jako nezávislý vědecký a technický orgán, který má za úkol soustřeďovat a analyzovat nejaktuálnější vědecké poznatky a vytvořit tak odborný základ, mimo jiné i pro politická jednání. Panel od roku 1990 publikuje hodnotící zprávy (Assessment Report zkr. AR). Tyto zprávy přinášejí aktualizaci vědeckých výsledků o změně klimatu, dopady a možnosti snižování emisí. V páté hodnotící zprávě (AR5) IPCC definovala sérii čtyř scénářů vývoje koncentrací skleníkových plynů, které se nazývají Reprezentativní směry vývoje koncentrací (RCP). Tyto emisní scénáře jsou označeny podle přibližného celkového radiačního působení v roce 2100 v porovnání s rokem 1750. Existují 4 takové scénáře: RCP2.6, RCP4.5, RCP6 a RCP8.5 (číslo značí radiační působení ve W.m^{-2}). Dnes už je publikována šestá hodnotící zpráva (AR6) [10].

Důležitým podkladem ve věci změny klimatu je Rámcová úmluva OSN o změně klimatu (UNFCCC). Je to mnohostranná úmluva o ochraně klimatického systému Země a omezení globálního oteplování. Úmluva poskytuje rámec mezinárodních vyjednávání zahrnující problematiku snižování emisí skleníkových plynů, vyrovnávání se s negativními dopady změny klimatu i finanční a technologickou podporu rozvojovým zemím [11]. Následníkem úmluvy je Kjótský protokol, kde se průmyslové země zavázaly snížit

emise skleníkových plynů o 5,2 % (2008-2012) [12] s následujícím dodatkem na období dalších osmi let, kde EU se zavázalo snížit emise skleníkových plynů do roku 2020 o 20 % v porovnání s rokem 1990 [13]. Poté následuje Pařížská dohoda, která má omezit emise skleníkových plynů po roku 2020 a navázat tak na Kjótský protokol. Hlavním účelem dohody je udržení nárůstu globální průměrné teploty výrazně pod hranicí 2 °C a úsilí o to, aby nárůst teploty nepřekročil hranici 1,5 °C oproti hodnotám před průmyslovou revolucí, a uznání, že by to výrazně snížilo rizika a dopady změny klimatu [14].

3 Změna klimatu

Změna klimatu, její dopady a nutnost reakce představují jedno z klíčových témat současné environmentální politiky. Navzdory pokroku, jež byl proveden v oblasti vědy a výzkumu změny klimatu stále existující nejasnosti v oblasti vzájemné interakce emisí skleníkových plynů a klimatického systému [15].

Přesné údaje o klimatu z dávné historie jsou těžko porovnatelné s dnešním chováním, protože nejsou dochovány žádné záznamy. Vědci tedy čerpají například z kronik, které jsou někdy špatně čitelné nebo z průzkumů jako jsou vrty teplotních profilů, měření ledových jader získaných z hlubokých vrstev ledu, záznamy o květeně a zvířené, a další analýzy např. z vrstev sedimentů nebo záznamy o hladinách moří v minulosti. Novější údaje jsou získávány ze strojových měření a poté z teoretických modelů [16].

Příkladem jsou globální klimatické modely (GCM) založené na fyzikálních vědách. Používají takovou teorii, aby odpovídala minulým klimatickým datům a podle nich se vytvoří prognóza budoucnosti a propojí příčiny a důsledky klimatických změn [16].

První meteorologické měření se uskutečnilo v roce 1649 v Toskánsku [3]. Avšak v České republice to bylo až o 100 let později (1775) na pražském Klementinu [17] a od té doby jsme schopni čerpat z konkrétních dat a porovnávat povětrnostní poměry.

Výsledkem zkoumání těchto jevů a historických dat je potvrzení, že klimatické změny se děly vždy. V minulosti změny přicházely pomalu a příroda byla schopná se adaptovat, ale dnes se tempo změny zrychlilo, a právě hlavním inhibitorem jsou emise skleníkových plynů. A jsme to právě my, lidé, kteří nejvíce tyto plyny produkují svojí činností.

Pokud mluvíme o klimatické změně, nejde pouze o „globální oteplování“, jak bývá klimatická změna často označována. Jde o celkově změněný charakter klimatu způsobený tím, že je v atmosféře k dispozici více energie. Ta kromě toho, že zahřívá zemský povrch, je hnací silou řady dějů, které jsou spojeny s projevy tepelné energie. Proto je s klimatickou změnou spojena také celková nestálost počasí a častější výskyt nebezpečných jevů, jako jsou bouřky, silný vítr, povodně, sucha apod [8].

O globálním oteplování se začalo poprvé mluvit v roce 1896, kdy švédský fyzik jménem Svante Arrhenius předpověděl možné oteplování planety zapříčiněné člověkem.

O existenci skleníkového efektu a vlastností skleníkových plynů absorbovat energii infračerveného záření, začali vědci mluvit už o 150 let dříve [18].

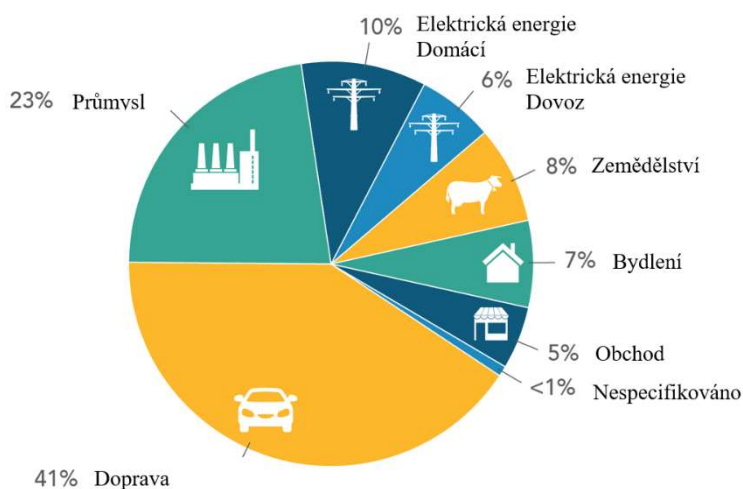
Další významnou osobností v oblasti klimatických změn je Charles David Keeling, jeho práce bylo měřit nárůst CO₂ v ovzduší. Výsledkem se stala Keelingova křivka, která je dodnes používána jako ukazatel koncentrace CO₂ v ovzduší v závislosti na čase [18].

Měření z posledních zhruba 100 let nám říkají, že teplota se zvyšuje a zvyšuje se s vysokou rychlostí. Už z dřívějších studií je patrné, že průměrná teplota na Zemi dlouhodobě roste. Vědci odhadovali, že nárůst teploty bude 6 °C za tisíce let, dnes už však víme, že zvyšování teploty je několikanásobně rychlejší. Oproti roku 1978 je zvýšení v roce 2017 téměř o 1 stupeň. Tedy oteplení o 1 stupeň za zhruba 30 let, což odpovídá při předpokladu lineárního nárůstu za 180 let 6 °C [18].

3.1 Příčiny změny klimatu

Příčinou zvyšující se teploty povrchu Země jsou plyny vyskytující se v atmosféře Země, které mají schopnost propouštět krátkovlnné záření přicházející od Slunce, ale zadržují dlouhovlnné infračervené záření zemského povrchu. Důsledkem skleníkového efektu je ohřívání spodní vrstvy atmosféry a zemského povrchu.

Přehledný graf níže, zobrazuje hlavní zdroje skleníkových plynů. Převládajícím sektorem je doprava, která zabírá téměř polovinu (41 %) z celkového obsahu emisí. Druhým největším přispěvatelem je průmyslová výroba (23 %), dále je to výroba a dovoz elektrické energie (16 %), zemědělství (8 %), bydlení (7 %), obchod (5 %).



Graf 3.1 Zastoupení jednotlivých zdrojů skleníkových plynů [19]

Druhy skleníkových plynů

Skleníkovými plyny v atmosféře přirozeného původu jsou vodní pára, oxid uhličitý a metan, skleníkovými plyny antropogenního původu jsou oxid uhličitý, metan, oxid dusný, částečně a zcela fluorované uhlovodíky, fluorid sírový (jejich emise jsou kontrolovány Kjótským protokolem a Rámcovou úmluvou), tvrdé (CFC) a měkké freony (HCFC) a řada dalších plynů [20].

Nejvíce zastoupeným skleníkovým plynem je vodní pára, její podíl v atmosféře je více než 60 %. Přirozeně se vyskytuje v mořích, oceánech a řekách, ale její přínos na globálním oteplování není doposud znám. Mnohem větší pozornost dostává skleníkový plyn oxid uhličitý (chemická zkr. CO₂). I když CO₂ vykazuje nižší skleníkový efekt, jeho výskyt v atmosféře se prokazatelně zvyšuje. Od pol. 18. stol. vzrostla koncentrace CO₂ o více než 30 % (k roku 2018) [21].

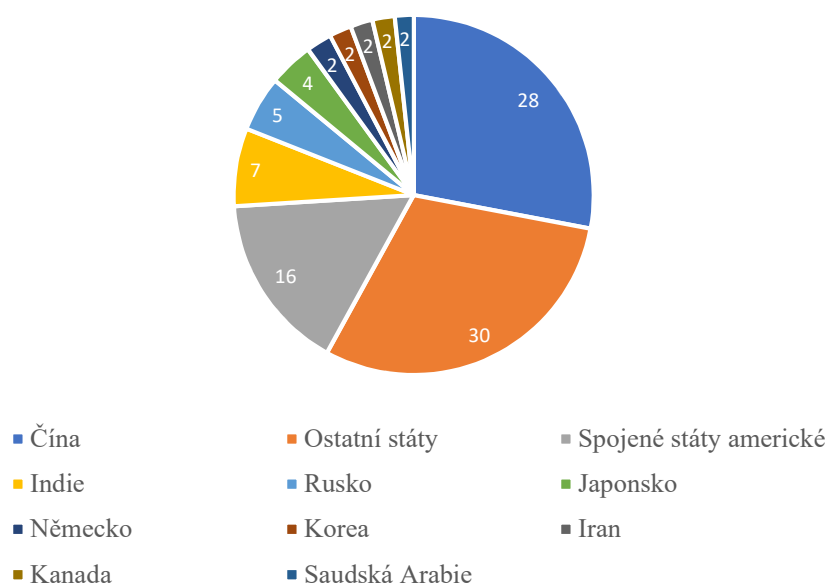
Zdroje oxidu uhličitého (CO₂):

Existují přírodní (přirozené) i lidské (umělé) zdroje emisí oxidu uhličitého. Přírodní zdroje zahrnují rozklad, eroze, vulkanickou činnost a dýchání. Lidské zdroje pocházejí z činností, jako je výroba cementu, odlesňování a spalování fosilních paliv, jako je uhlí, ropa a zemní plyn.

Největší podíl emisí oxidu uhličitého produkovaný lidmi pochází ze spalování fosilních paliv, jako je uhlí, zemní plyn a ropa. Dále je to kácení lesů nebo změna využití půdy, ale také průmyslová výroba [22].

Na grafu 3.2 jsou podle státu zobrazeni největší producenti právě zmíněného oxidu uhličitého.

Emise oxidu uhličitého podle států v %



Graf 3.2 Emise oxidu uhličitého podle států [23]

Dalším skleníkovým plynem obsaženým v atmosféře, je Methan (CH_4), jehož zdrojem jsou např. mokřady, močály, skládky odpadů, pěstování rýže, zpracování zemního plynu a ropy. Výrazným producentem Methanu jsou také krávy, které tráví jídlo přímo v žaludku plné bakterií a při přežvykování se dostává methan ven. Intenzita zněčišťování ovzduší může být srovnatelná jako u automobilové dopravy [24].

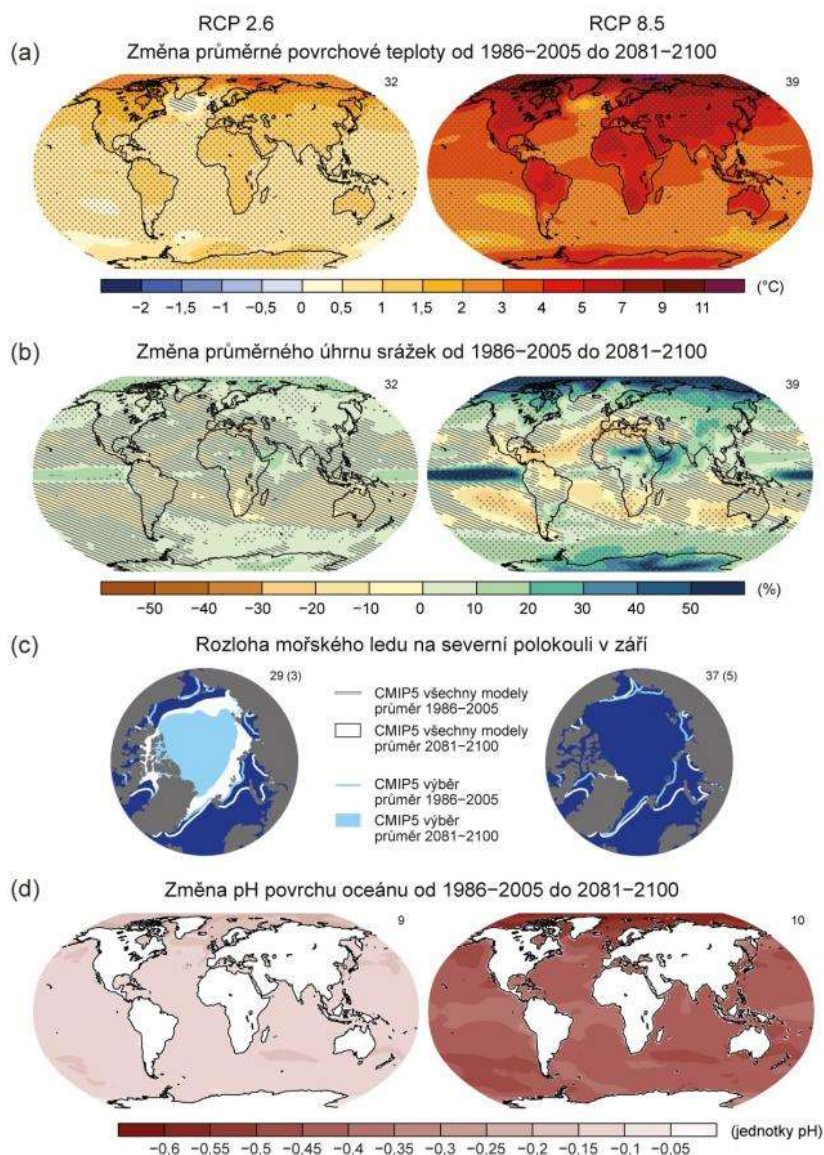
Posledními skleníkovými plyny jsou Oxid dusný (N_2O), vzniká ze zemědělských hnojiv, také ze spalování fosilních paliv, biomasy a ve zpracování půdy, či její přeměně. Freony (CFC – chladicí zařízení, aerosoly, rozpouštědla, počítačový průmysl) a ozón (O_3) [25].

Změny klimatu nejsou způsobené jen lidskou činností, dalšími ovlivňujícími faktory jsou biologické procesy, dříve zmíněné sluneční záření, ale také změna deskové tektoniky a sopečná erupce [16].

3.2 Vývoj změny klimatu

Obrázek 3.1 vhodně vystihuje vývoj změn klimatu ve 4 směrech. Je převzat z IPCC z roku 2013, kde se porovnávají dva scénáře (RCP) v minulosti (od roku 1986-2005) a předpokládané budoucnosti (2081-2100). Obecně poukazuje na zvyšující teplotu a větší procento srážek v určitých oblastech, kde se jedná spíše o nárazové srážky.

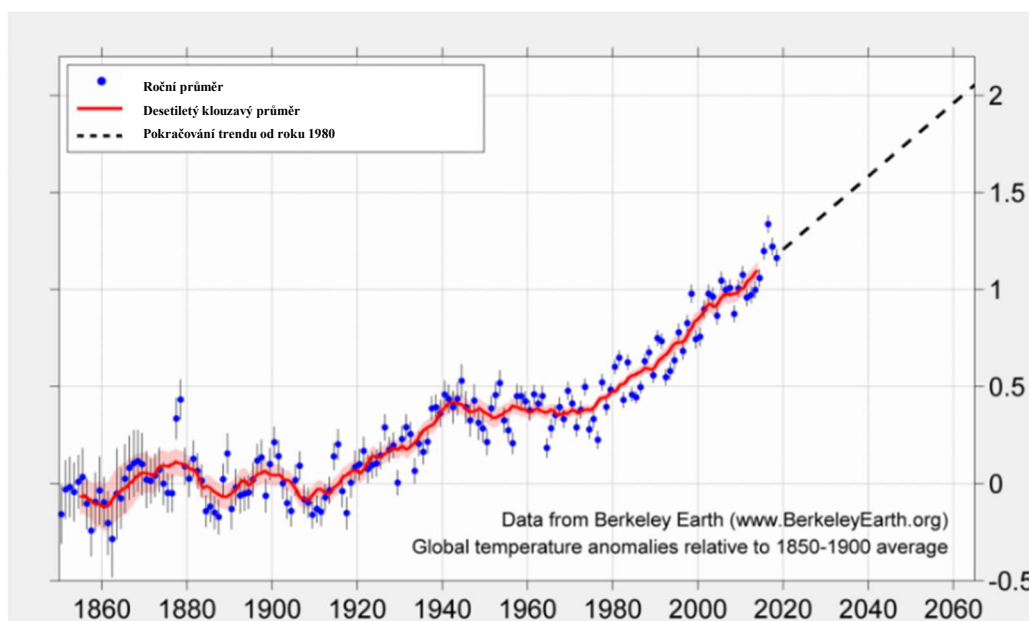
Naopak v některých oblastech bude panovat veliké sucho. Část (c) naznačuje úbytek mořského ledu na severu polokoule a poslední porovnání (d) značí zvýšení hodnoty pH v oceánech, což způsobuje okyselování oceánů. Kyselost způsobují emise CO_2 a ta ovlivňuje život v oceánech, především vymírání mořských živočichů [26].



Obrázek 3.1 Vývoj změn klimatu [27]

3.2.1 Vývoj průměrné povrchové teploty na Zemi

Velice přesný graf přiložen 3.3, ukazuje průběh průměrné teploty od roku 1850 až po minulý rok na celé naší zeměkouli. Na grafu je zřetelné, že teplota čím dál více stoupá. Jsou tam 3 různé ukazatele. Nejvíce za pozornost stojí červená trejektorie, která znázorňuje desetiletý klouzavý průměr, modré puntíky potom ukazují průměrné roční teploty.



Graf 3.3 Vývoj průměrné povrchové teploty [28]

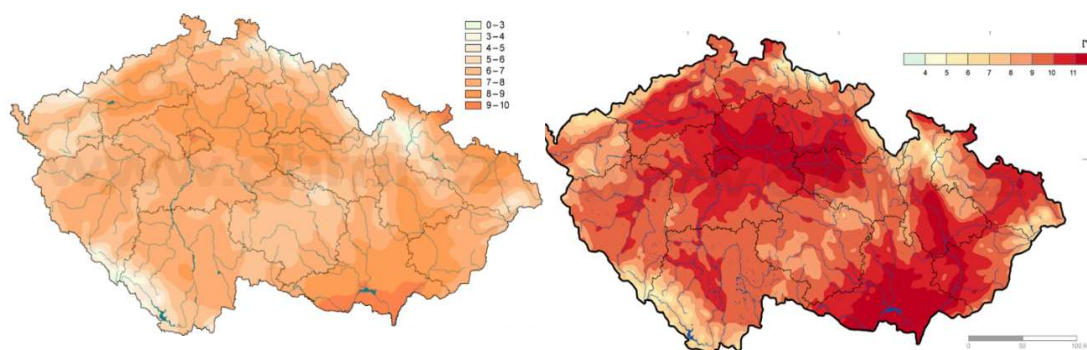
V roce 2018 se vyšplhala teplota na 0,83 °C, což naznačuje čtvrtý nejteplejší rok od roku 1850. Nejteplejším rokem byl rok 2016, kdy se stupnice vyšplhala na 1 °C a vědci očekávají, že v tomto tempu by teplota mohla v roce 2060 přesáhnout i stupnici 2 °C, a tím i bohužel překročit stanovenou hodnotu Pařížské dohody o změně klimatu, kde je cílem udržení globálního nárůstu teploty hluboko pod 2 °C.

Posledním ukazatelem na grafu je černá čárkovaná čára, které ukazuje předpokládaný růst teploty až do roku 2060. Příčinou tohoto rychlého vzrůstu teploty je právě zmiňované množství emisí skleníkových plynů.

Vývoj teplot v České republice

V České republice se vývoj teploty za posledních 5 let pouze zvyšuje. Rok 2018 byl historicky nejteplejší rok od doby měření. Průměrná teplota vystoupala na 9,6 °C [29].

K porovnání jsou k dispozici dvě mapy, které zobrazují průměrnou teplotu na našem území od poloviny až do konce 20. století (vlevo) a mapu z posledního započteného roku (2018). Na mapách je možné vidět světlé oblasti, které se nachází ve vyšších nadmořských výškách a drží stále nejnižší teploty. V minulosti tomu bylo od 0 °C do 3 °C, kdežto dnes je to zhruba 4-5 °C. V oblasti nížin, jako je středočeský a jihomoravský kraj byly naměřeny nejvyšší teploty, kde průměrnou roční teplotou bylo v minulosti 8-9 °C dnes tomu je 11-12 °C. Z mapy je také patrné, že nejvyšší teploty se vyskytovaly v Jihomoravském kraji (včetně města Brna) a tento fakt stále přetrvává. Průměrná teplota je zde o 1,2 °C vyšší než celorepubliková.



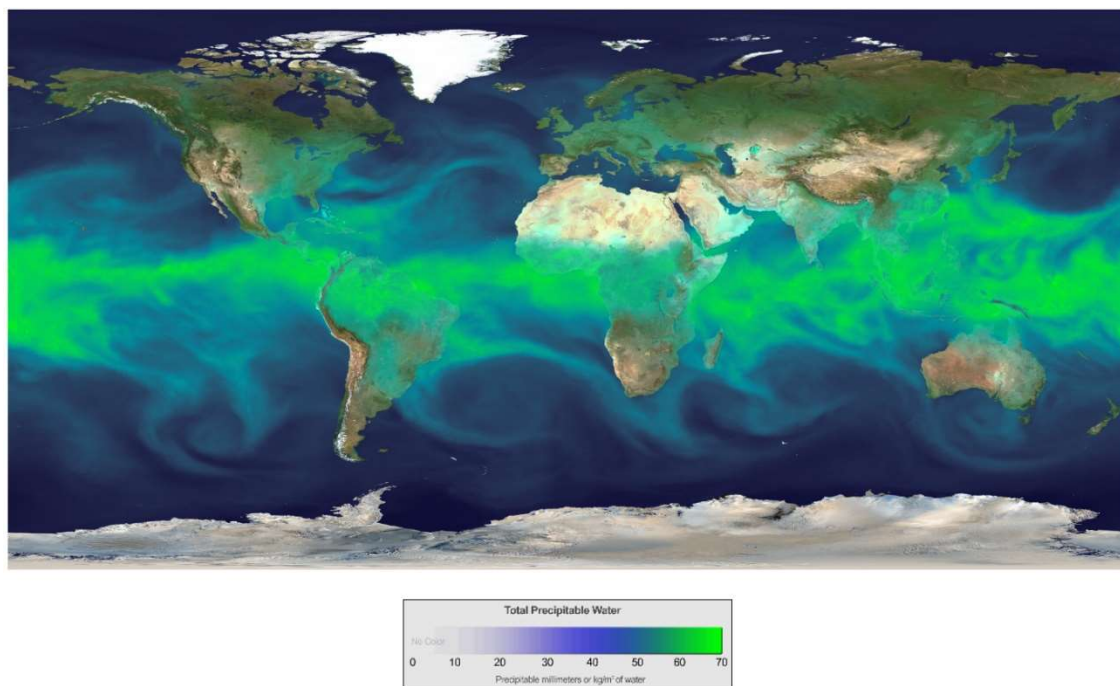
Obrázek 3.2 Srovnání povrchových teplot na území ČR ve 20.století a v roce 2018 [30]

Zajímavé jsou také rekordní data, a to především nejvyšší naměřená teplota v ČR, v roce 2012 v Dobřichovicích (nedaleko Prahy) s teplotou 40,4 °C. A absolutně nejnižší naměřená teplota z roku 1929 v Litvínovicích (České Budějovice) – 42,2 °C. Tato teplota nebyla stále překonána [31].

3.2.2 Změny v úhrnu srážek na Zemi

Ve vývoji srážek nejsou takové rozdíly jako v množství srážek v porovnání s teplotami. Srážky obecně trochu ubývají, avšak hlavní rozdíl je v rozložení a intenzitě konkrétních dešťů. Častěji se objevují náhlé a velice intenzivní deště, které mohou zapříčinit eroze či povodně. A na to není většina oblastí připravena, především městské, kde většinu plochy tvoří zpevněný (betonový nebo asfaltový) povrch. Z těchto povrchů voda velice rychle odteče [32].

Na obrázku 3.3 je aktuální mapa světa, kde můžeme vidět, že nejvyšší hodnota srážek za den je 60-70 mm a ty se objevují v oblasti rovníku. Tyto zelené oblasti nepostrádají dešťovou vodu, tak jako oblasti severní Afriky či střední Asie, kde je prostor velice vyprahlý.



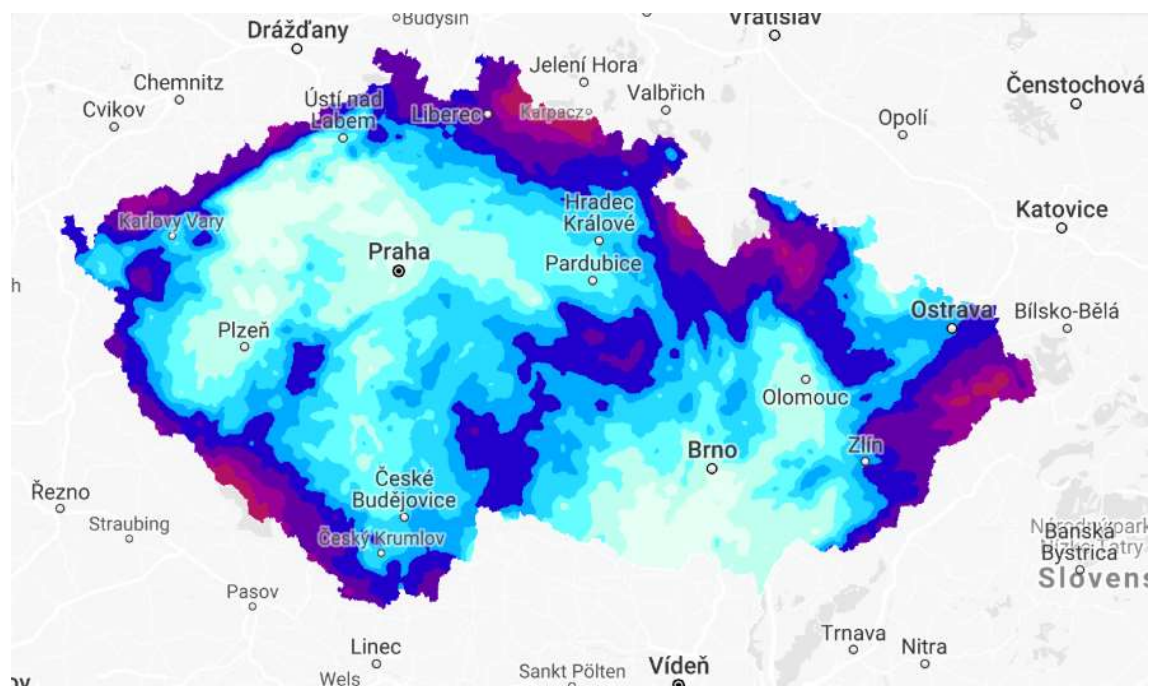
Obrázek 3.3 Úhrn srážek ze dne 21.5.2019 [33]

Vývoj srážek v České republice

V České republice se srážky velmi výrazně střídají, jednak krátkodobě s ročním obdobím a také dlouhodobě díky klimatickým změnám. V rozmezí let 1981 až 2010 bylo normální hodnotou průměrných ročních srážek 686 mm. Minulý rok v Česku naměřili 522 mm, což je podnormální hodnota, ale v porovnání s rychle rostoucí teplotou není množství srážek tak výrazné [34].

Mění se však rozložení a intenzita deště. Dříve sražené množství vody za několik dní nebo i dokonce měsíců, dnes naprší i za dva dny a zpravidla pak následuje delší doba sucha. Nejdeštivější období se uvádí od května do srpna. To, že prší nejvíce v létě je stále aktuální fakt, změnila se však teplota a s tím i spojené sucho. Díky vysoké teplotě se voda rychleji vypařuje a do suché půdy se nestačí vsáknout, a tím pádem rychle odtéká.

V oblastech pohoří se objevují velká množství srážek, které stoupají až na 1200 mm. Je to především z důvodu vysokých nadmořských výšek a s tím i souvisejícím sněhem. Opakem jsou například okolí měst Prahy a Brna, kde se průměrný roční úhrn srážek pohybují jen kolem 400-500 mm.

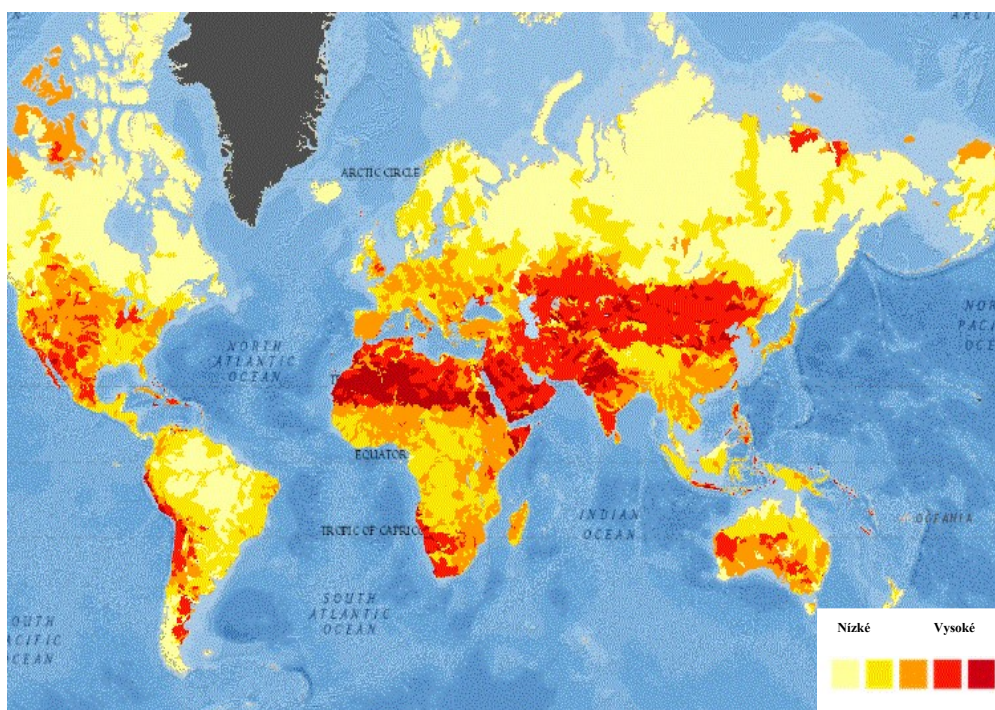


Obrázek 3.4 Průměrný roční úhrn srážek [35]

3.2.3 Sucho

Dalším problémem souvisejícím s klimatickými změnami a zároveň se srážkami je sucho. Termín „sucho“ není jednoduché definovat a také v každém regionu je jím označováno něco jiného. Například sucho v Severní Africe, v Libii, kde roční srážky se pohybují pod stupnicí 180 mm, bude mít těžko srovnatelný význam jako v místech tropických deštných lesů např. v Amazonii [36].

Obecně lze říci, že sucho se rovná nedostatku srážek při delším časovém období. Z mapy je zřejmé, že nejvíce rozšířenými, trpícími oblastmi jsou severní Afrika a západní, střední a východní Asie [36].

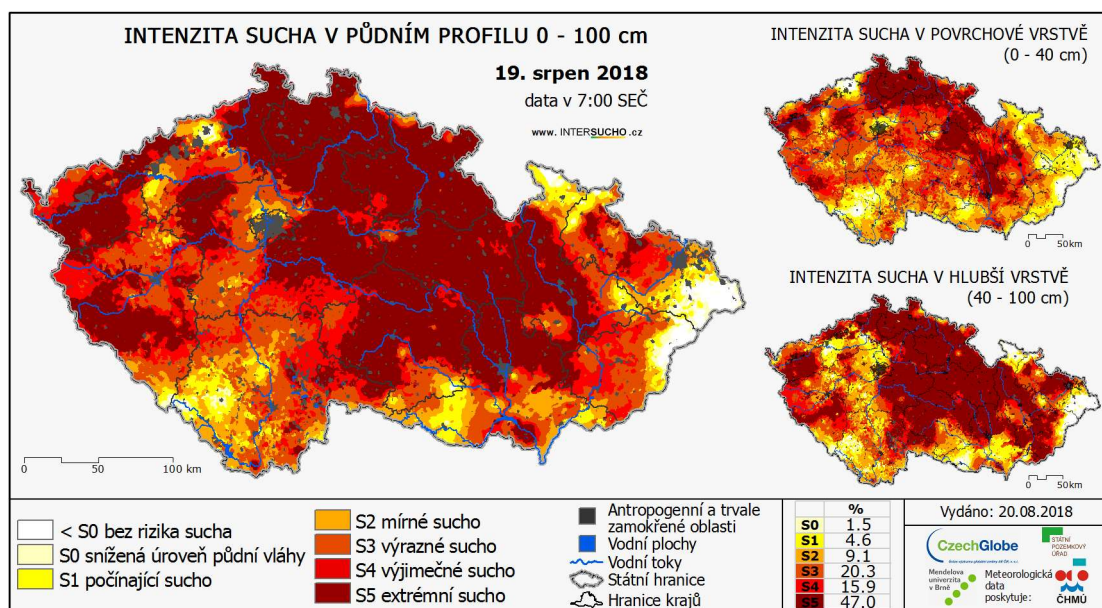


Obrázek 3.5 Mapa vodního rizika [37]

Sucho v ČR

V Česku je sucho spojené především se zemědělstvím, lesnictvím či vodním hospodářstvím.

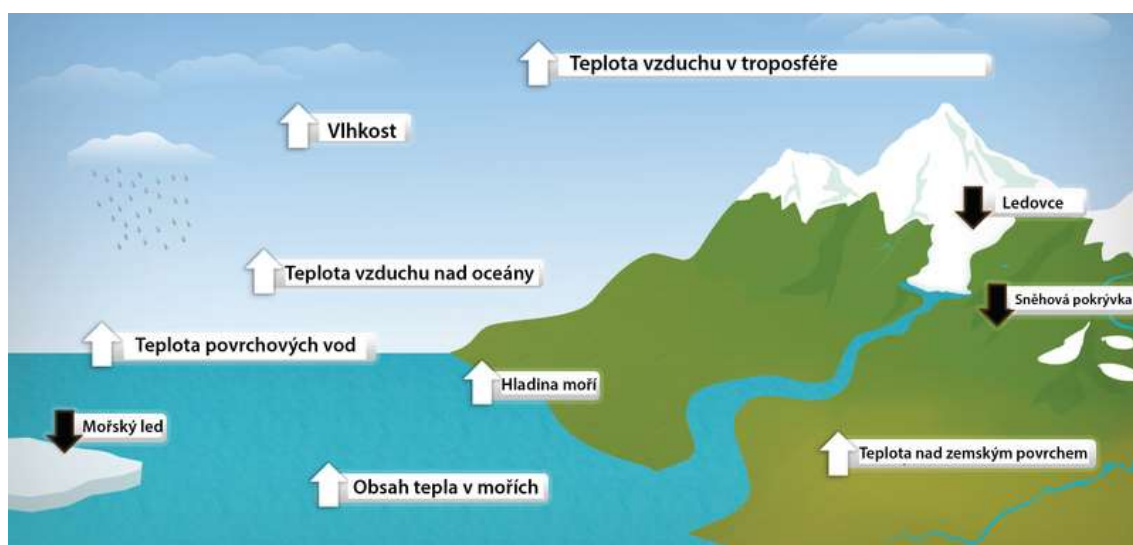
Jak již bylo uvedeno výše, teplota v České republice stále stoupá, a tím i riziko sucha. Rok 2018 byl rekordně nejteplejší, proto je zde zobrazena mapa z tohoto období. Míra sucha je vyjádřena v sedmi stupních (<S0-S5). Největší mapka znázorňuje intenzitu sucha v půdním profilu od 0 do 100 cm, kde hodnota překonala 47 % z plochy a v této oblasti nastalo extrémní sucho. Tím se také samozřejmě zhoršily podmínky nejen v oblasti zemědělství, ale také se snížila hladina podzemní vody a nastaly nízké průtoky, které u nás začínají být v letních obdobích kritické. Existuje mnoho dalších odvětví, kde se klimatické změny výrazně projevují, konkrétní příklady dopadů klimatických změn jsou uvedeny v další kapitole.



Obrázek 3.8 Intenzita sucha v půdním profilu [38]

3.3 Dopady změny klimatu

Dopady změny klimatu je možné rozdělit do 10 ukazatelů, jak je uvedeno na obrázku 3.9. Sedm stoupajících šipek naznačuje očekávaný vzrůst u ukazatelů, a tím i ohřívání Země a u zbylých tří ukazatelů se předpokládá, že budou klesat. Dosavadní měření tyto trendy zatím potvrzují.



Obrázek 3.9 Deset ukazatelů ohřívání Zeměkoule [39]

3.3.1 Tání ledovců

Jelikož se zvyšuje průměrná teplota i vody se ohřívají a s nimi i ledové a sněhové pokrývky v polárních oblastech, tím se zvyšuje mořská hladina. Když voda například uprostřed oceánů stoupne o jeden metr, nepůsobí to tak tragicky, ale představa, že se hladina zvedne o stejnou výšku v pobřežních oblastech, to už značí velikou katastrofu. Moře může zaplavit velké procento obyvatelstva naší planety žijících u pobřeží.

3.3.2 Eroze

Dalším výsledkem stoupající hladiny moří jsou například eroze, které se vyskytují po celé Zemi. Eroze se dělí na mnoho druhů. V České republice jsou nejvíce rozšířené: vodní, větrné, sněhové, sklizňové či eroze způsobené orbou [40].

V Česku se vodní eroze projevují v létě, kdy půda nemá dostatek vody a při intenzivních srážkách voda rozruší povrch půdy, tím, že stéká po prvrchu a odnáší svrchní část půdy (ornici) a ukládá se na jiných místech, tento jev se děje i při rychlém tání sněhu. Důsledkem vodních erozí mohou být škody na majetku, zanášení a znečištění vodních toků a nádrží [41].

U větrných erozí dochází k přemísťování půdních částic na značné vzdálenosti. Působením větrné eroze může dojít k poškození klíčících rostlin. Dalšími důsledky vysokých srážek můžou být záplavy a sesuvy půdy, při kterých dochází též k erozi.

Dnes je v ČR zhruba polovina zemědělské půdy ohroženo vodní erozí a desetina větrnou erozí [41].



Obr. 3.10 Eroze půdy v ČR [42]

3.3.3 Dopad změn na lesní systémy

Velikým problémem spojeným s klimatickými změnami je také kácení lesů, lesy nám podporují biodiverzitu, ekonomickou a kulturní aktivitu, a hlavně také lidské zdraví. Poskytují, ale také prostor pro mnoho druhů živočichů a rostlin. Nejlépe to, ale vystihuje obrázek 3.11.



Obrázek 3.11 Ekosystémové služby lesů [43]

Díky zvyšující se teplotě a ubývající vody z půdy se stávají lesy velice zranitelnými. Jedná se hlavně o smrk ztepilý, který má mělký kořenový systém a není schopen využívat stále klesající hladinu dostupné vody. Tím se snižuje jeho obranyschopnost proti škodlivým organizmům, především kůrovcům. V Česku je ztráta jehličnatých lesů jeden z největších problémů [44]. Tento nešvar způsobují kůrovci, ale bohužel s ním i nepřipravená rychlá reakce na zasažení. To nám potom přináší krizové obrázky nejen z hor. Chybí preventivní péče, která je v tomto případě nesmírně důležitá, protože pokud se kalamita jednou rozjede, už je jí obtížné zastavit. Krizové scénáře mluví o tom, že kalamity se nazastaví na severní a střední Moravě a dále budou pokračovat na Vysočinu, do středních, jižních a západních čech [44].

České lesnictví patří mezi nejziskovější ve střední Evropě. Je to dáno tím, že máme ve smrkových monokulturách největší průměrné zásoby dřeva na hektar. Jenže nyní se ukazuje, jak jsou náchylné vůči kůrovci, vichřicím, teplu a suchu [45].



Obr. 3.12 Kalamita v Jeseníkách [46]

3.3.4 Ostatní dopady změny klimatu

Dalšími dopady klimatických změn jsou již dříve zmíněné extrémní výkyvy počasí. Jedná se především o extrémní povětrnostní jevy a silné deště, s kterými právě souvisí povodně, bouře ale i sucha. S vysokou teplotou jsou také přímo spjata rizika zdraví u lidí. V některých oblastech dochází ke zvýšení počtu úmrtí.

Ve střední a jižní Evropě se jedná především o častější vlny veder, extrémní sucha a lesní požáry. Kdežto na severu Evropy jsou naopak srážky častější, a tím i větší pravděpodobnost povodní. Jen za období 1980-2011 bylo povodněmi zasaženo přes 5,5 milionu obyvatel (EU) [47].

Ohroženými se stávají i žijící živočichové a planě rostoucí rostliny. Je to způsobené hlavně tempem, kterým klimatické změny přicházejí, díky této rychlosti se někteří živočichové a rostliny nestíhají přizpůsobit. Jsou jimi převážně suchozemské, sladkovodní a mořské druhy, které se přemístili do jiných lokalit. Pokud toto tempo bude pokračovat nebo se v horším případě bude zvyšovat, hrozí některým druhům i vyhynutí [47].

Pravděpodobné dopady v budoucnosti

Extrémní jevy budou mít dopad na populaci z hlediska krátkodobé migrace z důvodu ztráty obydlí nebo rozvratu ekonomiky. Zvýší se také neobyvatelné oblasti v důsledku sucha, povodní či zvýšení hladiny moří v pobřežních oblastech. Největší riziko ale hrozí místy spojené s vodou a vodním hospodářstvím,33 sektory zemědělství, potravinové bezpečnosti, lesnictví, lidského zdraví a turismu [48].

Pro představu budoucnosti v naší zemi, vědci uvádějí že za několik málo let bude naše území vypadat, jako dnes vypadá například území v Maďarsku či jiné území v tomto zeměpisném pásu. Díky kůrovci a s ním spojené kácení lesů přicházíme o velké množství smrků. Naopak se daří například granátovému jablku, některých fíkovníkům či meruňkám nebo broskvoním [49].

3.4 Konkrétní případy

V této podkapitole jsou uvedeny konkrétní místa a reálné dopady klimatických změn. Nejdříve jsou zobrazena postižená místa ze světa a poté z České republiky.

Největší katastrofy ve světě, spojené s klimatickými změnami, jsou povodně, eroze a bouře. Historicky nejhorší povodní je povodeň v Číně z roku 1931, na Žluté řece. Během povodně zahynulo asi 150 000 lidí, pozdější odhady však uvádějí až 4 miliony lidí [50].



Obrázek 3.13 Povodeň v Číně v roce 1931 [50]

Dalším místem, kde se dnes hojně vyskytují povodně, je Bangladéš a podle serveru Maplecroft je zároveň označován jako nejvíce zranitelná země co se týče klimatických změn. Na snímku 3.14 je povodeň z hlavního města Dhaka [51].



Obrázek 3.14 Povodeň v Bangladéši v roce 2014 [51]

Dalším příkladem je jedna z nejhorších bouří, která se odehrála tento rok v Africe – na rozhraní Mosambiku, Zimbabwe a Malawi, kde bylo zasaženo 600 000 lidí a z toho více než 1000 lidí zemřelo. Jednalo se o území o průměru delším než 50 km [52].



Obrázek 3.15 Bouře Idai v Mosambiku na začátku roku 2019 [52]

Opakem nejhorších povodní jsou sucha. Příkladem je Karnataka v Jižní Indii, kde panuje neúprosné sucho. Ikdýž v těchto oblastech mají období silných monzunových dešťů, na které obyvatelé vždy netrpělivě čekají, trvají pouze pár měsíců a od minulého roku se jejich stav rapidně zhoršil. Obyvatelé aktuálně bojují nejen s vyschlými nádržemi [53].



Obrázek 3.16 Sucho v Karnatace, únor 2019 [54]

Konkrétní případ z ČR

Častými příklady z českého prostředí jsou povodně např. z roku 1970, kdy se stalo obětmi celkem 141 lidí. Dalšími příklady jsou také vyschlá půda a sesuvy půdy. K jednomu z významných sesuvů došlo v roce 2010 v okolí hory Gírová v Moravskoslezském kraji, kde se sesunulo téměř 30 hektarů lesa. Příčinou byly vydatné srážky a také skalnaté podloží s jílovitou půdou [55].



Obrázek 3.17 Sesuv půdy na hoře Gírová v roce 2010 [55]

4 Klimatické změny a města

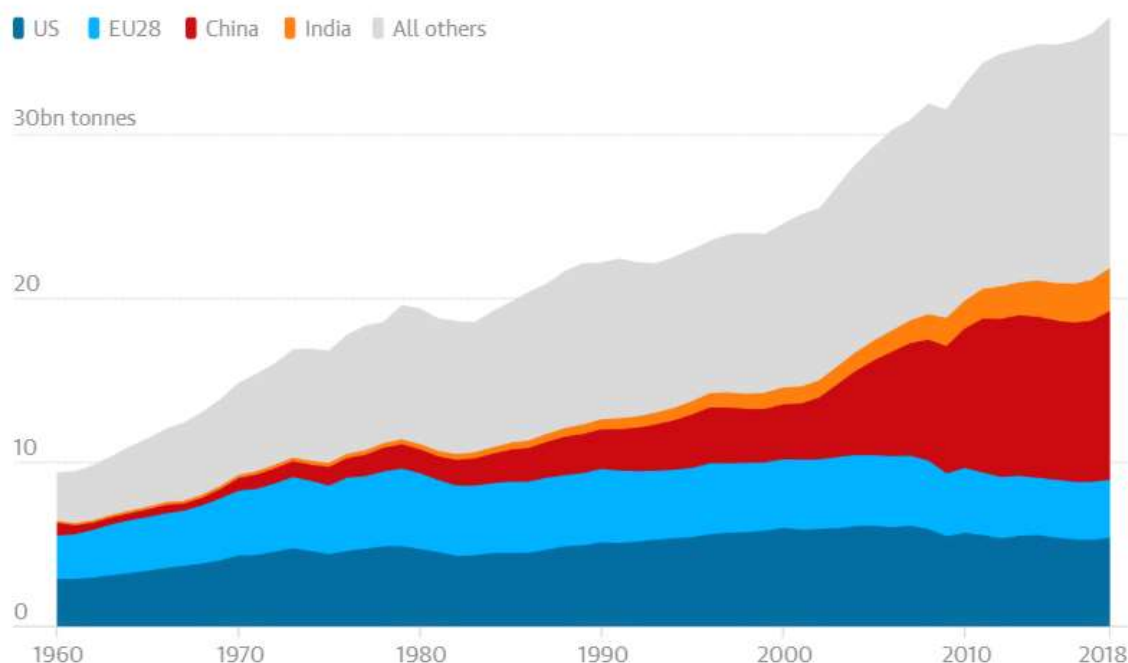
Město je velice široký pojem a díky nárůstu obyvatel se dnes dělí do několika kategorií podle velikosti (počtu obyvatel).

- Maloměsta (2 000 – 10 000 obyvatel)
- Města (10 000 – 100 000 obyvatel)
- Velkoměsta (100 000 – 1 000 000 obyvatel)
- Světová velkoměsta (1 000 000 a více obyvatel)
- Megaměsta (10 000 000 a více obyvatel) [56]

Klimatické změny se projevují ve všech částech světa a není tomu jinak i ve městech, která mohou být zranitelná a nedostatečně připravená na klimatické změny jako jsou vlny horka, nedostatek vody, sucho, záplavy, hurikány, tornáda nebo bouře.

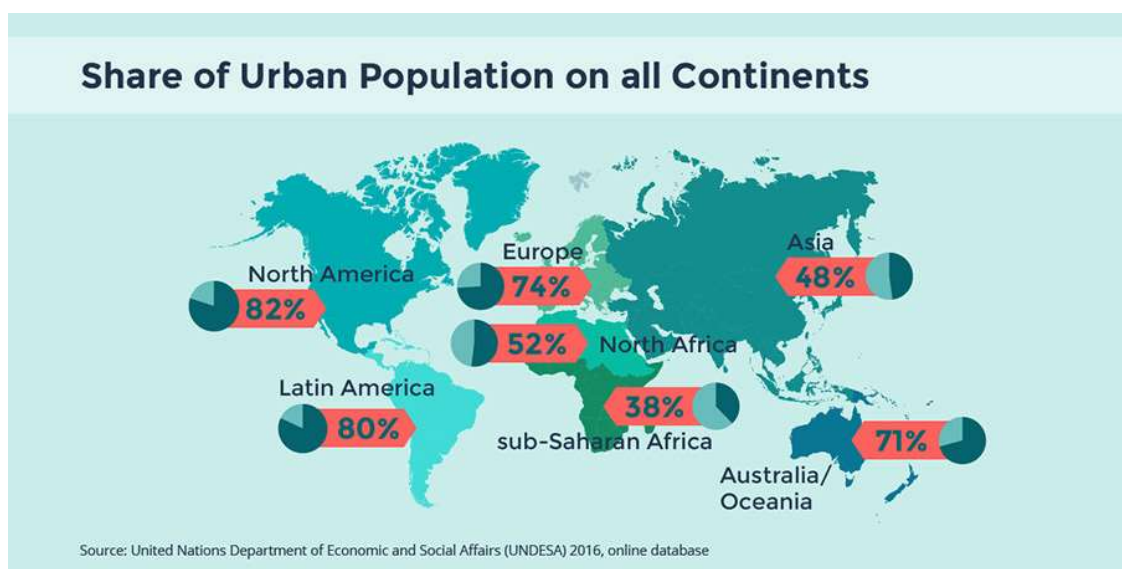
V současné době na naší planetě žije 7,7 miliard lidí a z toho zhruba 55 % populace žije ve městských oblastech nebo ve městech. Lidská populace se každý den zvětšuje a stejně tak procento lidí žijících ve městech. Podle OSN se v příštích desetiletích má populace žijících ve městech zvýšit až na 68 %, což jsou zhruba dvě třetiny světové populace. Jsou to hlavně místa jako Indie, Čína a Nigérie, kde je nárůst obyvatel značný. S rostoucím počtem obyvatel rostou úměrně i emise skleníkových plynů [57].

Města zaujímají pouze dvě procenta rozlohy pevniny, ale z hlediska klimatických změn zanechávají obrovskou stopu. Graf 4.1 zobrazuje miliardy tun produkovaných emisí CO₂ rozdělené mezi největší emitory. A z toho jen města produkují více než 70 % [58].



*Graf 4.1 Globální emise CO₂ v miliardách tun [58]
pozn. US – Spojené státy americké, EU28 – Evropská unie s 28 členskými státy,
China – Čína, India – Indie, All others – Ostatní*

Podle dalších studií se předpovídá, že vzroste také počet megaměst po celém světě. V roce 1990 bylo na celém světě pouze 10 megaměst. K dnešnímu dni jich existuje 47 s populací více než 10 milionů lidí [59]. Na obrázku 4.1 je vidět kolik procent obyvatel žije ve městech na konkrétních kontinentech.



Obrázek 4.1 Procento lidí žijících ve městech podle kontinentů [60]

Z pohledu České republiky asi tři čtvrtiny obyvatel žije ve městech a do konce století se předpokládá, že většina obyvatel bude osídlovat města. Změny v rozložení, četnosti a intenzitě extrémních výkyvů počasí spojené právě s klimatickou změnou v městských oblastech zvyšují riziko pro společnost [61].

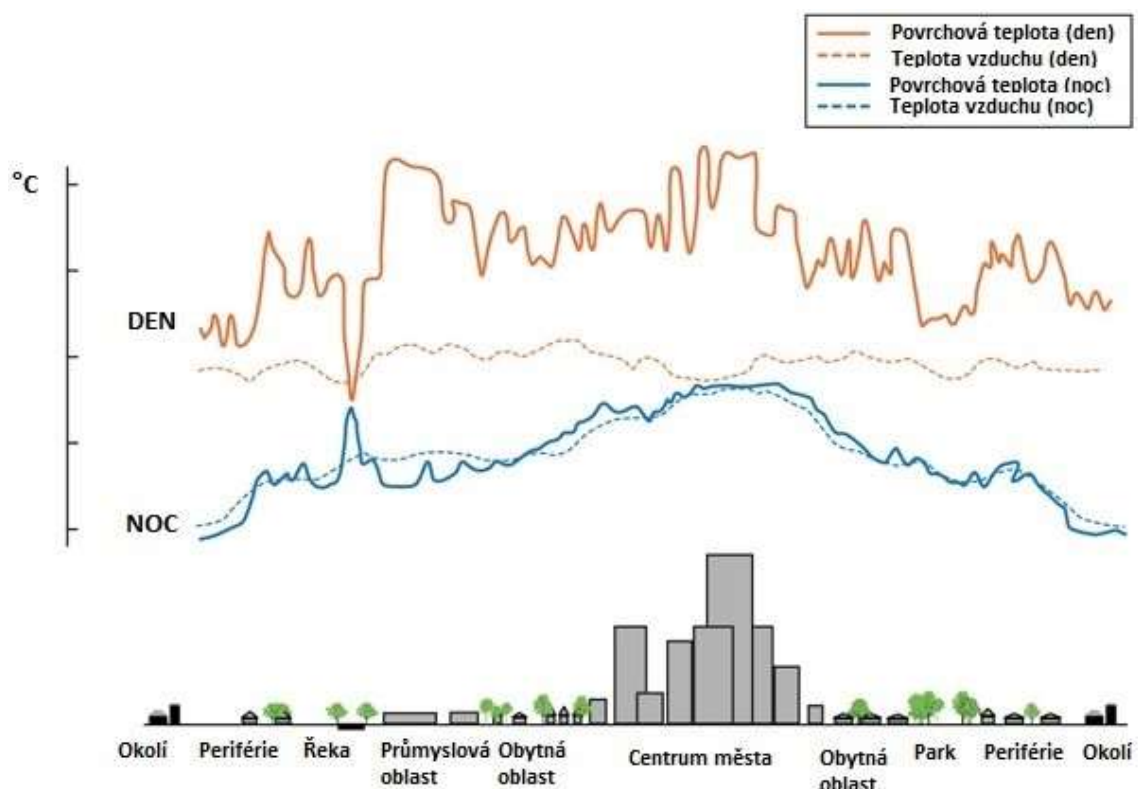
4.1 Dopady změny klimatu ve městě

Změny klimatu se ve městech projevují zejména vlnami horka, povodněmi, extrémními srážkami či dlouhotrvajícím suchem. Tyto vlivy mohou mít velice nepříznivé dopady na kvalitu života obyvatel, stejně tak i na národní ekonomiku, ekosystémy a přírodní kapitál. Proto je potřeba aby se města na tyto procesy připravovala a volila vhodná adaptační opatření. Srážkám a suchu už byly věnovány předchozí kapitoly, nyní podrobnější vysvětlení vln horka [62].

4.1.1 Vlny horka a městský tepelný ostrov

Za vlny horka se označují období tří a víc po sobě jdoucích dní, kde teplota je vyšší než 30 °C, nazývají se také tropickými dny nebo nocemi, kde teplota musí přesahovat hodnotu 20 °C a tyto dny v posledních letech stále narůstají a podle studií narůstají i nadále [63].

Tento jev je také umocněn efektem tepelného ostrova města (angl. Urban Heat Island, UHI), který je převážně sledován a pozorován ve velkých městech a aglomeracích. Výsledkem tohoto jevu jsou výrazně vyšší teploty v zastavěném území města (převážně v noci) než na jeho okraji nebo v porovnání s okolní krajinou. Hlavním důvodem je uměle vytvořený povrch, jako je třeba asfalt a beton, který absorbují sluneční záření, a tím zahřívají sebe i okolní vzduch [64].



Obrázek 4.2 Schéma tepelného ostrova města – průběh teplot během dne a noci [64]

Dalším přispívajícím zdrojem je tzv. odpadní teplo, což je třeba teplo z průmyslu, dopravy, z vytápění či klimatizace. Rozdíly městských tepelných ostrovů může být udán velikostí města a jeho výškovým umístěním či ročním obdobím. Například v centru Prahy, která je velice nízko položená může být teplota v létě o více než 2,5 °C vyšší [64].

4.1.2 Říční povodně, přívalové srážky a nedostatečné zasakování

Stejně jako všude ve Světě, i ve městech hrozí přívalové srážky a s tím i spojené povodně. Ve srovnání se zeměmi z Evropské unie, je právě Česká republika nejohroženější oblastí, co se týče povodní. Od roku 1997, kdy se udála asi nejkrutější povodeň je to už po čtvrté, co české země zasáhly povodně, kde si už vyžádaly 115 obětí života. Kromě újmy na lidských životech povodně ohrožují i infrastrukturu, majetek, budovy a životní prostředí. V dalších případech mohou povodně vyústit v erozi či sesuvy půdy nebo zhoršenou kvalitu vody, ekonomické ztráty a snížení produktivity z důvodu výpadku transportu a dodávky energie. Ve městech se nejčastěji vyskytují povrchy, které mají nízkou propustnost a díky tomu voda velice rychle odtéká a v případě přívalového deště můžou nastat situace, kdy stoková kapacita je rychle naplněna a voda odtéká po povrchu, kde může právě napáchat hodně škody [64].

4.1.3 Sucho a nedostatek vody

Opačným problémem poté nastává již zmíněné sucho a nedostatek vody. Při růstu populace ve městech nastává zvýšená spotřeba vody a změny využití území, kde tyto dva faktory mají negativní dopad na zdroj vody [64].

4.1.4 Dopady klimatických změn ve městě Brno

Z pohledu Brna, které je velice nízko posazené, je nejdramatičtější dopadem vysoká teplota a tropické dny, jejichž délka se kolem roku 2021-2040 předpokládá až dvojnásobná oproti dnešnímu stavu, který je zhruba 10-15 tropických dní v roce. S tím souvisí i tropické noci, kdy teploty přesáhnou 20 °C hranici [65].

4.2 Konkrétní příklady měst a dopady na ně

Sarajevo, prosinec 2015



Obrázek 4.3 Smog ve městě Sarajevo v roce 2015 [66]

Strašidelná fotografie ze Sarajeva, která má podobný scénář jako čím dál více oblastí. Hlavní město Bosny a Hercegoviny, je umístěno v údolí mezi horami, a tím je náchylnější na smogovou situaci. Je to především kvůli mlze, která se právě jednoduše díky znečištění transformuje ve smog. V prosinci roku 2015 úřady byly nuceny zavřít školy dříve, než je zvykem. Zároveň také byli obyvatelé požádáni o šetrnější používání automobilů, případně jejich nahrazení a omezení pohybu venku, zejména v nejrušnějších hodinách [66].

New Orleans, 2005



Obrázek 4.4 Hurikán Katrina v New Orleans v roce 2005 [67]

V srpnu v roce 2005 řádil hurikán Katrina, který se prohnala nejen největším městem státu Louisiany, New Orleans, ale i několika dalšími státy USA. Začínající bouře se později proměnila v rozsáhlou povodeň. Vzala s sebou vše, co ji stálo v cestě a vyžádala si také minimálně 1000 obětí [67].

Praha, 3. června 2013



Obrázek 4.5 Povodeň v eské Kopisty [69]

Povodně z roku 2013, jsou asi nejaktuálnější povodně v posledních letech. Objevily se ve třech vlnách. V této události bylo zhruba 27 000 osob evakuováno. Povodně si vyžádali 15 lidských životů a způsobily 75 půdních sesuvů, kde svah zničil několik hektarů železniční a silniční infrastruktury. Příčinou je nejspíše kombinace velice deštivého jara v kombinaci z hodně nasycenou půdou z předešlé zimy [68].

4.3 Mitigace a adaptace měst na změnu klimatu

Existují dvě proaktivní možnosti, jak se postavit dopadům změně klimatu (mimo alternativní možnost, kterou je nečinnost). Prvním způsobem je *mitigace*, což znamená zmírnění nebo zpomalení dopadů klimatických změn, například redukcí vypouštění skleníkových plynů, úsporou energie, výrobou energie z alternativních zdrojů či zakládáním nových lesů. Druhou proaktivní možností je *adaptace* městského prostředí na klimatické změny. Jde o vyrovnání se se změnami klimatu a nacházení opatření, která vedou ke snižování náchylnosti vůči klimatickým změnám. Jedná se o mnoho druhů opatření, do kterého je potřeba zapojit více sektorů jako jsou např. vědci, politici, veřejná správa a další. Pro snížení dopadů změn klimatu je nutné následovat oba směry, protože jednotlivě nefungují tak efektivně. Princip je zobrazen na Trojúhelníkovém diagramu 4.6 [70].



Obrázek 4.6 Trojúhelníkový diagram [70]

Tento diagram je zachycen ve Čtvrté hodnotící zprávě (AR4 IPCC, kapitola 18), popisuje vztah mezi mitigací, adaptací a nečinností. Rohy trojúhelníku představují 100 % z každé z těchto tří možností. Oblasti, ve středu trojúhelníku představují kombinaci přístupů. Tam jsou rovněž poměrně uvedeny náklady spojené s mitigací a adaptací. Za povšimnutí stojí varianta nečinnost je spojena s vysokými náklady v souvislosti s dopady změny klimatu [70].

Opatření proti dopadům změn klimatu

Nejdůležitějším opatřením pro města je důkladná správa jejich ekosystémů. Těmi jsou např. parky, vodní plochy, stromořadí a zahrady. Obrázek 4.7 popisuje základní ekosystémy jako nedílnou součást města. Je důležité do měst přinášet, čím dál více krajiny, protože města a lidé v nich žijící více zatěžují klimatický systém [64].



Obrázek 4.7 Ekosystémové služby [71]

Díky ekosystémovým službám se zvyšuje kvalita života ve městech. Níže je uvedeno rozdělení opatření podle ekosystémových služeb, které se dělí na tři skupiny:

- I. **regulační služby** (regulace teploty a mikroklimatu, ukládání uhlíku, retence srážkové vody a regulace odtoku, regulace kvality ovzduší, regulace kvality vody, protierozní funkce, protihluková funkce);
- II. **zásobovací služby** (potraviny – produkce plodin, materiály – produkce biomasy)
- III. **kulturní služby** (prostor pro rekreaci či sportovní aktivity, estetická hodnota, vzdělávání) [64]

Regulační služby

V první kategorii se jedná o regulaci použití určitých prvků na daném území. Cílem může být snižování nebo regulace teploty či mikroklimatu. Ke snižování teploty ve městech se dají velice dobře využít stromy, které poskytují stín a zároveň ochlazují, a tím pádem fungují jako „klimatizace“. Při vysázení např. 10 000 000 stromů pomůže ochladit přibližně 200 km² až o 3 stupně a denně vypaří 19 miliard hektolitřů vody, a k tomu i vytvoří zásobu kyslíku pro zhruba 30 milionů lidí [72].



Obrázek 4.8 Funkce rostlin [73]

Záleží při tom na kvalitě, stáří a druhové skladbě využitě zeleně. Také zelené rostliny odstraňují při svém růstu CO₂ z atmosféry. U stromů je množství uloženého CO₂ přímo úměrné množství biomasy a může dosahovat 36-45 kg na 1 strom za rok. Další schopností stromů je filtrování prachových částic, obzvláště samostatně stojící stromy s bohatou korunou dokáží zachytit až PM₁₀ o 7-26 % [64].

Kromě správného fungování zelené infrastruktury je nutno budovat i modrou (vodní) infrastrukturu. Stejně jako zeleň, dokáže zlepšovat mikroklima, ochladit prostor a je možné ji využít například k závlaze.

Zásobovací služby

Výsledkem druhé kategorie je zisk produktů z právě zmíněných ekosystémů. Mohou to být statky ve formě plodin, dřeva nebo pitné vody. V městském prostředí je možné využít přirozené produkce biomasy, převážně ve formě dřeva např. při ořezání zeleně [64].

Kulturní služby

Ve třetí kategorii se jedná o služby lidem, a to formou kultury, jako je rekreace, vzdělávání nebo sportovní aktivity [64].

4.4 Konkrétní příklady opatření ve městech

Opatření je možné rozdělit do dvou skupin: oblast dopravy a ovzduší a oblast vody a veřejného prostoru.

Oblast dopravy a ovzduší

Z pohledu dopravy je ideálním řešením obecně omezit motorovou dopravu. Některá evropská města řeší tento problém projekty čtvrtí bez automobilové dopravy, např. existují sídliště, kde obyvatelé písemně deklarují, že automobil nevlastní. Příkladem jsou projekty: Vauban – sídliště v Německu, Floridsdorf – sídliště ve Vídni, GWL Terrein – čtvrť v Amsterdamu (57 % lidí bez automobilu) nebo Slateford Green – čtvrť v Edinburghu [74].



Obrázek 4.9 Sídlíště Vauban bez aut [74]

Výsledkem tohoto snažení může být větší zájem o jízdu na kole. Například ve Vídni zavedli půjčovnu nákladních kol (kargokola).

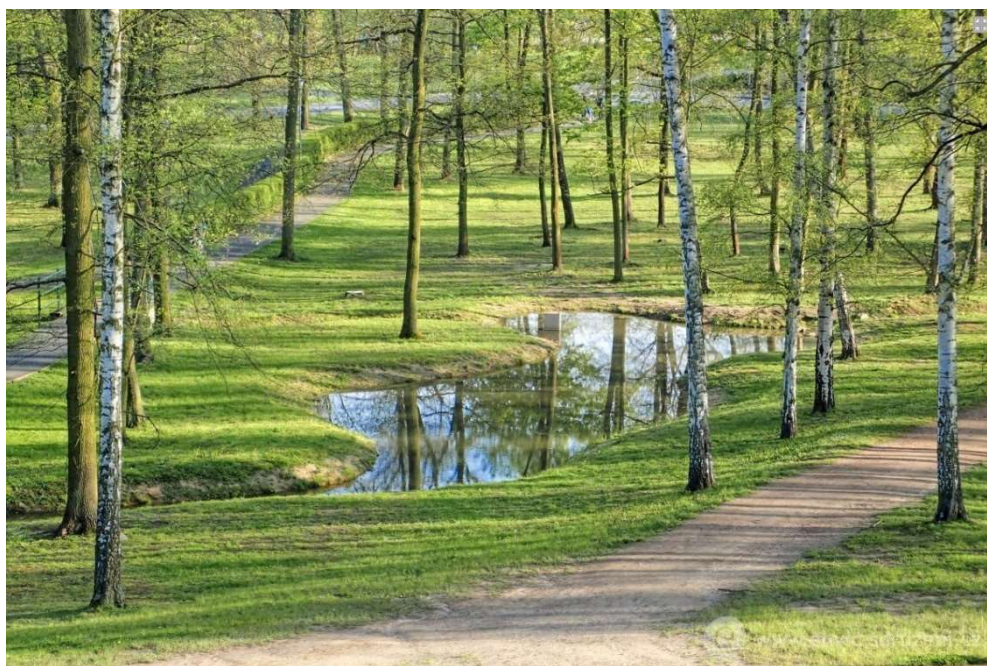


Obrázek 4.10 Kargokola ve Vídni [75]

Dalším řešením snížení znečištění ovzduší může být zavedení Zón 30 (dopravní zóny s omezením rychlosti jízdy do 30 km/h) nebo sdílení automobilů. Zavedení tzv. Zón 30 snížilo v Berlíně zátěž oxidy dusíku o 20 % [76]. Na sídlišti Vaubau, mají obyvatelé možnost využívat sdílená auta [74].

Oblast vody a veřejného prostoru

Vodní plochy typu jezírek a rybníků, ale i obyčejné fontány či kašny výrazně regulují místní mikroklima odpařováním přítomné vody. Dále mohou být zdrojem pitné vody či vody pro závlahy, plnit rekreační funkci a také spoluvytvářet příjemnější městské prostředí. Velice účinným řešením jsou zelené střechy a zdi, které mají termoregulační schopnosti. V létě ochlazují a v zimě slouží jako izolace. A mnoho dalších řešení, které mohou jednoduše pomoci adaptovat město na klimatické změny. Příkladem je níže uvedený park v Plzni. Park leží na poměrně prudkých svazích a silnější deště se zde projevovali silnou erozí. Řešením bylo zachytávání vody ze zpevněných povrchů do podzemních drenáží, ústících v nově vybudovaných průtočných tůň ve spodní části parku. Z těchto tůň se voda pozvolně zasakuje a tůň společně s potůčkem, který je spojuje, plní i důležitou teplotně-regulační funkci a napomáhají zvyšovat druhovou rozmanitost místní fauny a flóry [77].



Obrázek 4.11 Dešťová tůň v Lochtínském parku [77]

5 Klimatické změny a zemědělství

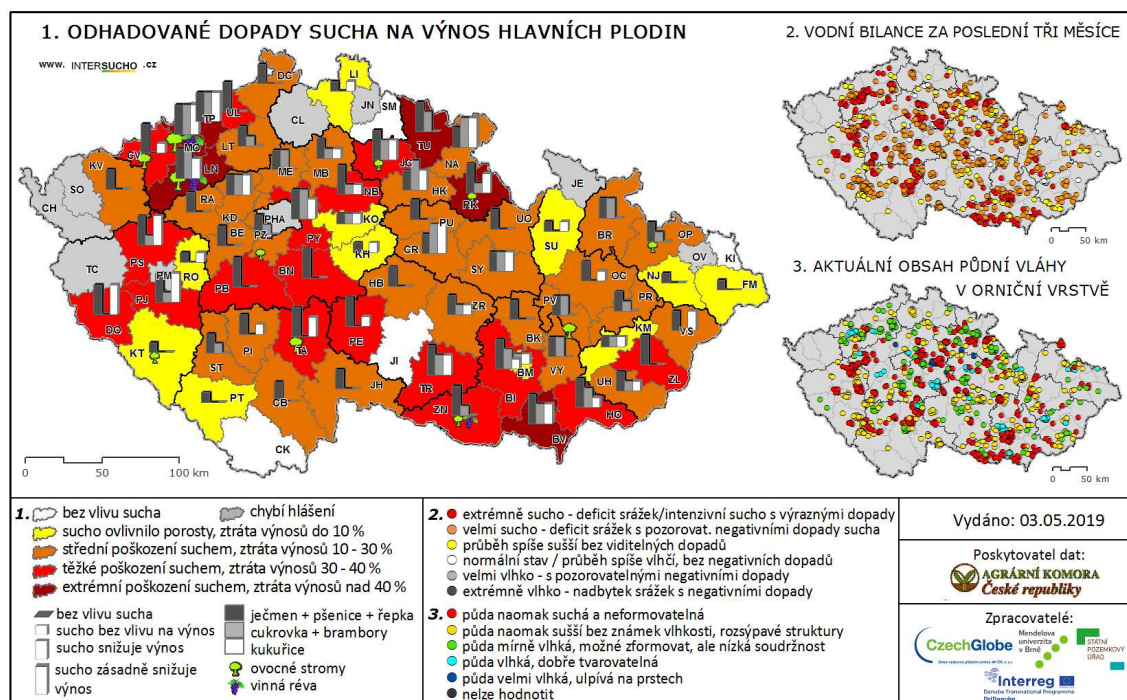
Zesilující výkyvy počasí způsobující sucho mají významný dopad na zemědělství. Snižuje se tak produkce potravin, a tím se zvyšuje jejich cena. Na tento stav je nutné se adaptovat.

5.1 Stav současné zemědělské produkce v ČR

Nejvíce problémové oblasti se nacházejí v Jihomoravském a Středočeském kraji. A právě tyto dva kraje, dříve dominovaly tržbám v zemědělství [78].

Pro udržení produkce, je velice důležité se správně adaptovat, což znamená nejen obměňovat agrotechniku, ale i pěstované plodiny, odrůdy a kultury. V Česku se jedná například o plodiny jako jsou obilniny a vinná réva. Na mapě 5.1 je vidět aktuální stav sucha v ČR a jeho dopady na výnos plodin. Zkoumají se tři hlavní pilíře plodin. Obilniny – ječmen, pšenice a řepka, okopaniny – cukrovka a brambor a posledním měřítkem je kukuřice. Mapa ČR se zobrazenou mírou dopadu klimatických změn je na obrázku 5.2. Data z roku 2018 ukazují, že se jednalo o 3. nejnižší sklizeň za posledních 10 let. Roční ztráty šplhaly do miliard korun. Nedařilo se převážně obilovinám. Na druhou stranu se dařilo ovoci [79].

Z mapy je zřejmé, že nejvážnější problém je Jihomoravském kraji, kde je půda vážně poškozená suchem a ztráta výnosů se zatím pohybuje kolem 30-40 %. V okolí Břeclavi se už teď odhaduje ztráta výnosu až na více než 40 % ve všech druzích plodin. V Jihomoravském kraji se aktuálně nejhůře daří obilovinám a poté i okopaninám, kdežto na kukuřici zatím sucho nemá vliv. Co se týče vodní bilance, už teď je známo, že v JHM kraji je výrazný deficit srážek, hlavně v jižní oblasti, v okresech Znojmo a Břeclav. Co se týče nasycení půdy vodou, pouze v jedné části Brna – venkov a západní části Brna-město je nasycení vodou zatím neohroženo a půda je v této oblasti dobře tvarovatelná [80].



Obrázek 5.1 Odhadované dopady sucha na výnos hlavních plodin [80]

Díky nedostatku vody je potřeba více zavlažovat, což je potom znatelné na celkové spotřebě vody. Řešením by bylo zadržování vody v krajině, díky např. pozemkovým úpravám, ale to je bohužel vysoká investice, na kterou evropské fondy nemají dostatek vyčleněných peněz [79].

Jak již bylo zmíněno, jeden z možných způsobů adaptace na změny klimatu je produkce zemědělských plodin na území měst.

5.2 Městské zemědělství

Městské zemědělství je pěstování a distribuce plodin a produktů ve městech a jejich okolí. Může to být například ve formě chovu zvířat, rybolovu, včelařství, produkci mléka, zahradničení či lesnictví.

Největším rozdílem oproti tradičnímu, venkovskému, zemědělství je, že městské je více integrováno do ekonomického, ekologického a sociálního systému. Nedílnou součástí města je jeho ekosystém, který je nutné udržovat a také rozrůstat. V městském zemědělství to znamená využívání městských zdrojů jako je například organický odpad nebo využívání odpadní vody například pro zavlažování [81].

Ve Velké Británii je zažitý pojem CPUL (Kontinuální produktivní městská krajina), která se zabývá integrováním pěstování potravin do designu měst, prostřednictvím otevřených prostor a nevyužitelných lokalit do krajiny. Tuto myšlenku se snaží nyní šířit po světě [82].

V České republice se pojem městské zemědělství zatím moc neobjevuje. Není však žádný důvod, proč by v ČR neměl být tento způsob adaptace na klimatické změny efektivní.

S aktuální zrychlující se urbanizací roste poptávka po produktech, a tím se klade i větší tlak na dodávku. Nabízí se, alespoň z části, přesunout tvorbu potravin z venkova do měst.

Nejvíce zranitelná jsou rozvojové státy, kde mnoho lidí právě žije ve městech. Není zde dostatek pracovních příležitostí, také mají problémy s likvidací odpadu a znečištěnými řekami a ovzduším. Tomuto může z části městské zemědělství pomoci. Dále jsou zmíněny veškeré možné výhody městského zemědělství.

5.2.1 Výhody městského zemědělství

První a hlavní výhoda proč pěstovat plodiny ve městech je snížení emisí uhlíku. Díky lokálně vypěstovaných rostlin se sníží spotřeba fosilních paliv, které jsou potřebné k dopravě, balení (20 % všech skládek tvoří právě obaly) či prodeji potravin [83].

Další výhodou je vytváření nových pracovních pozic přímo ve velkých městech, kde lidé nemusejí za práci dojíždět a udrží tím místní ekonomiku. Může to hlavně pomoci ve městech, kde panuje větší chudoba.

Výhody městského zemědělství jsou také v sociální oblasti, má pozitivní vliv na komunitu. Většina zemědělských projektů ve městech vyžaduje sociální zaměření a díky společnému zájmu, což může být například kvalitní jídlo a hezké prostředí, může udržet kvalitní komunitu [83].

Efektivní využití prostoru, např. střechy nebo zdi, ale také využití nevyužitých prostor, jako jsou například brownfield nebo nevyužité vnitrobloky.

Poslední výhodou, která je pro město a obyvatele důležitá je přínos více zeleň do měst. Nejen to, že pomáhá lidem ke zdraví a vytváří estetické prostředí, ale také města ochlazuje, což je nedílnou součástí adaptace na klimatické změny.

5.2.2 Správný prostor pro městské zemědělství

Městské zemědělství může probíhat v centru města, ale i na jeho okrajích či v předměstských oblastech. Místa lze rozdělit dle primárního účelu spravovaného území. Veškeré činnosti spojené se zemědělstvím mohou být provozovány na soukromých, veřejných nebo poloveřejných pozemcích (školy, nemocnice...) [84].

Jako první to jsou místa **poloveřejná**, do kterých např. spadají zahrady nemocnic, škol, školek nebo i veřejného bydlení.

Dalším druhem jsou **komerční** místa, kde je hlavní prioritou výnos potravin, bývají to větší farmy. Příkladem může být newyorská střešní zahrada Eagle street zobrazena níže.



Obrázek 5.2 Eagle street rooftop farm v Brooklynu [85]

Třetí skupina je **komunitní**, jsou to převážně komunitní zahrady, které fungují i v Česku.

Komunitní zahrada je zahrada společná pro více lidí. Obvykle to funguje tak, že se sejde pár nadšenců, kteří si koupí nebo vezmou do nájmu nějaký pozemek, společně na něm zahradničí a dělí se o potřebné výdaje. Buď si plochu rozdělí na jednotlivé záhony, za které jejich uživatelé platí příspěvek do společné kasy, anebo celou plochu obhospodařují společně a vypěstovanou úrodu si mezi sebe rozdělí [86].

Podle databáze komunitních zahrad a komposterů [87] se u nás nachází 62 komunitních zahrad a z toho 28 jich je v Praze a 4 jsou provozovány v Brně.

Na snímku 5.3 je sklizeň zeleniny v komunitní zahradě Praze.



Obrázek 5.3 Prazelenina, komunitní zahrada v Praze [88]

Poslední skupina míst je **společenská**. Jedná se o prostory, které jsou obstarávány a provozovány neziskovou organizací, součástí takové farmy je i vzdělávací nebo sociální program.

Zahrady lze podle konkrétního provedení dále rozčlenit na:

- Rodinné zahrady či pěstování na balkoně
- Zahrádkářské kolonie/osada
- Střešní zahrady
- Zelené zdi i stěny
- Vertikální farmy (moderní pěstování plodin)

Rodinné zahrady či pěstování na balkoně

To mohou být pozemky u samostatných rodinných, či atriových nebo jiných domů. Kde si vlastníci pozemku pěstují plodiny pro své potřeby, příp. pro své sousedy.

Zahrádkářské kolonie/osada

Což, je pozemek většinou v příměstských oblastech, který je rozdělen na několik parcel a slouží k zahradničení a relaxaci obyvatel města, kteří např. žijí v bytech.

Střešní zahrady

Zahrady, které nejsou už i u nás úplnou novinkou, jsou ideálním místem pro pěstování plodin. Právě střecha je ideálním prvkem, jednak z důvodu estetického, také působí jako izolace, tepelná i zvuková. Dokáže i částečně chránit střešní krytinu před povětrnostními vlivy.

Zelené zdi i stěny

Do této kategorie spadá více druhů pěstování rostlin, jednak se mohou pěstovat v interiéru, kdy rostliny např. zvlhčují vzduch nebo také v exteriéru, kde mohou stejně jako střecha působit jako tepelná a zvuková izolace.

Vertikální farmy

Tzv. laboratorní zelenina se v roce 2017 dostala i do naší republiky, a to konkrétně s projektem Feel Greens v Břeclavi. Tato farma využívá hydroponického systému [89], což je systém pěstování bez půdy v tzv. živném roztoku. Rostlina je vložena do voděodolného obalu (květináče) dno se vylije živným roztokem (hnojivo pro růst kořenů) a poté se zbytek objemu zasype keramzitem, aby se k rostlině dostal vzduch. Takto se zatím dají pěstovat pouze některé plodiny [90].



Obrázek 5.4 Vertikální zahrada v Břeclavi [89]

5.2.3 Způsoby pěstování plodin ve městech

Co se týče konkrétních druhů plodin není pro to žádná daný manuál a je možné prakticky pěstovat cokoliv. Zahradníci, ale zatím upřednostňují rychle rostoucí a cennou zeleninu či živočišný produkt [91]. Jediné, co může být v některých případech trochu limitující, je prostor a s ním i spojená větší produkce. Ale i s tím si dnešní technologie dokáže poradit příkladem může být právě už zmíněná vertikální zahrada u které je možné vypěstovat na stejné ploše několikrát více plodin.

5.2.4 Způsoby prodeje městských produktů

Pokud se jedná o malé komunitní zahrady, nebo soukromé zahrady, tyto produkty většinou zůstávají mezi pěstiteli nebo jejich sousedy. Pokud se, produkuje větší množství např. městské nebo vertikální farmy tyto produkty se snaží prodávat přímo na farmách nebo v místních obchodech či na trzích, v tom nejširším měřítku a poté do supermarketů [91].

5.3 Konkrétní příklad z města Brna

Pro zpracování této části jsou voleny konkrétní opatření z oblasti městského zemědělství. Po projití různých komunitních zahrad jsem narazila na skvělou minifarmu, která sídlí pod Špilberkem (Údolní 33). Jedná se o Boromejskou zahradu sousedící s Otevřenou zahradou. Výběr této zahrady byl jednoduchý, především díky její rozmanitosti, tu lze nalézt vše od pěstování přes chov různých domácích zvířat až po odpočinková a vzdělávací místa. Hlavním důvodem byl také potenciál této zahrady se rozvíjet, což pro městské zemědělství je velikou výhodou.

Důvodem výběru této zahrady bylo také velké množství vyvýšených záhonů, o kterých bude zmínka v další podkapitole.



Obr. 5.5 Horní část Boromejské zahrady s vyvýšeným záhonem z kamene.

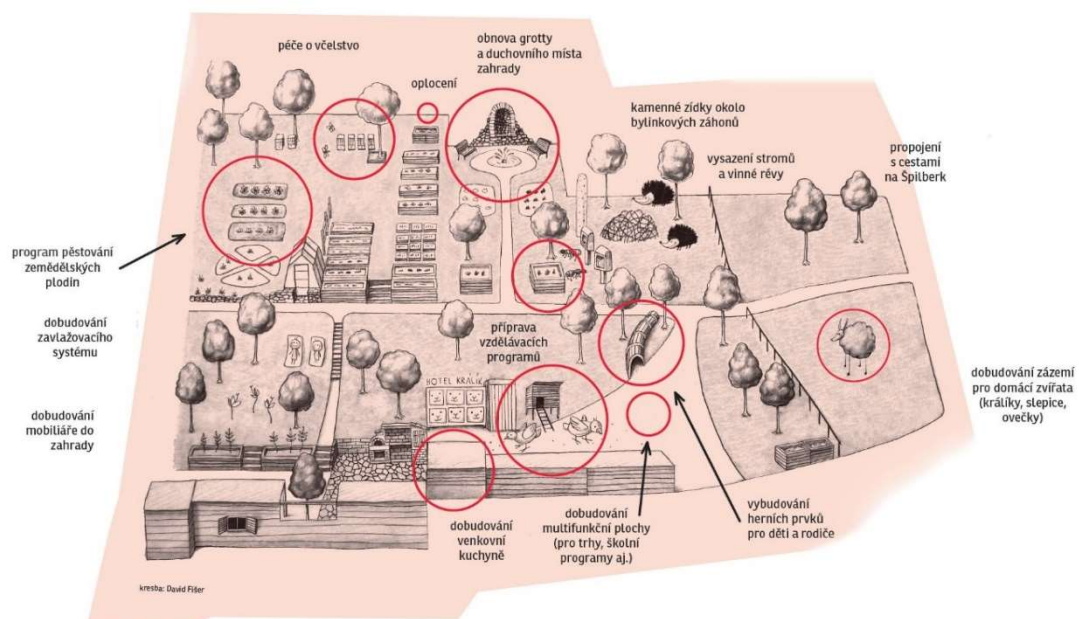
5.3.1 Boromejská zahrada

Od historie až po současnost

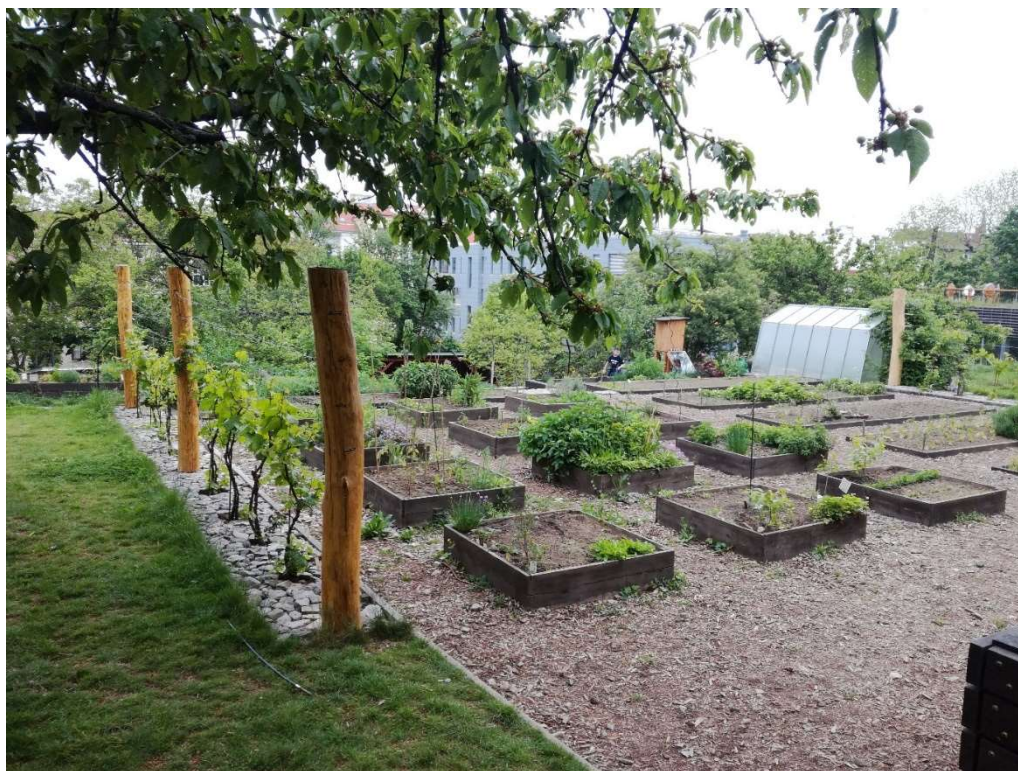
Jako první dochované informace o majitelích této zahrady byla šlechtická rodina Silva-Tarouca, která zde zkouší ovocnářské pokusy. Šlechtic Arnošt Emanuel, který byl duchovní otec zahradnické profese v českých zemích a zakladatelem pražského Průhonického parku, zde vypěstoval 26 druhů hrušek, mnoho druhů jablek a začal zde s pěstováním meruněk i mirabelek, jež se dodnes ve zdejších zahradách vyskytují [92].

Jméno Boromejská, dostala ale až později po sestřích Boromejkách, které kolem roku 1862 odkoupily tento objekt a pečovali zde o 80 dětí a vyučovaly zde 112 dívek v kurzy na šití. Později se objekt spojený s touto zahradou stal také domov pro seniory a studenty a zahrada sloužila pro zpříjemnění. Už před druhou světovou válkou zde pěstovali rostliny, ovocné stromy, ale také drobné zvířectvo. Sloužila jako klášterní zahrada, která mimo jiné zásobovala i klášterní nemocnici a školy. V roce 1944 se stal klášter, hospic i školy obětí bombardování a utrpěly drtivé škody. A v roce 1950 komunistická vláda zabavila pozemky. Díky restitucím stát později vrátil pozemky sestřím. V roce 2006 chce, ale nadace partnerství, která mimo jiné pečuje o sousedící Otevřenou zahradu, si pronajímá pozemky od Kongregace Milosrdných sester sv. Karla Boromejského a snaží se spolu s městem Brno, dárci a Kongregací dát zahradě nový život. Městská farma se otevřela veřejnosti v roce 2015, kde byly vybudovány, chodníky, záhony, místo pro včelstvo, komunitní zahradu, kde si lidé mohou pronajmout záhonky, skleník, kompost a venkovní učebny, pro vzdělávání dětí [92].

Dnes můžeme v zahradě vidět i živá zvířata jakou jsou slepice, králíky a ovečky, venkovní kuchyni se zelenou střechou a spoustu výukových a herních prvků. Areál tedy funguje jako odpočinkové místo pro veřejnost, vzdělávací centrum pro školy, rodiny i veřejnost, komunitní zahrada, která poskytuje lidem žijícím ve městech pěstovat plodiny a chovat zvěř jako na venkově a také se zde pořádají akce jako je Jarní slavnost, různé trhy, dílny a venkovní kuchyně.



Obrázek 5.6 Plánek Boromejské zahrady s veškerým vybavením [93]



Obrázek 5.7 Vinná réva a nízké vyvýšené záhony

5.4 Konkrétní opatření – vyvýšené záhony

Pro další vývoj praktické části jsem si vybrala konkrétní technické opatření v zahradě, a tím jsou vyvýšené záhony. Plní mnoho účelů od zeleně, přes relaxaci lidí až po výnos produktů.

Vyvýšené záhony jsou dle mého názoru velice praktické nejen pro jednotlivce pěstující plodiny na zahrádkách, ale je to hlavně ideální produkt pro pěstování plodin ve městech, protože s tímto druhem pěstování je možné pěstovat plodiny kdekoliv i na pevných plochách jako je beton či asfalt, což je ve městech převažující materiál.

Existují v různých tvarech a výškách v tomto případě se meze nekladou. Je možné je založit do země anebo pouze položit na zem, tento způsob se hlavně využívá pro zpevněné plochy, které právě ve městech převládají. V dnešní době se toho čím dál tím častěji využívá v zahradách u domů s pečovatelskou službou v rámci zahradní terapie pro seniory a vozíčkáře [94].

5.4.1 Výhody a nevýhody vyvýšených záhonů

Vyvýšené záhony mají řadu výhod, například pohodlné zahradničení, při kterém není nutné se ohýbat. Vyvýšený záhon je možné si vystavit podle požadované výšky a pohodlí. Tento druh výsadby je taky vhodný pro lidi s omezenou pohyblivostí.

- Množství ploch, kam vyvýšený záhon založit od malých zahrádek, přes svažité plochy až po balkóny v bytech.
- Mohou mít různé tvary, klasické jsou obdélníkové či kulaté.
- Dokáží propustit více vzduchu a lze je dříve osázet, protože se snadněji prohřejí.
- Rostlinám se lépe daří, díky méně škůdcům, pro které vyvýšení je překážka a také pro plevel, který se šíří méně než na úrovni terénu.
- Nemusí se pravidelně rýt.
- Plevel každým rokem ubývá (je to především množstvím humusu, čím více humusu, tím méně plevelu) [95].

Nevýhodou u vyvýšených záhonů, je obtížnější zakládání a potřebný materiál pro jeho stavbu, který se musí po čase obměnit.

- Další nevýhodou může být potřeba intenzivnější zálivka v horkých dnech, také díky kypré půdě vysychá rychleji než na normálním záhonu [94].

5.4.2 Materiál pro založení záhonu

- A. Proutí – nejdostupnější, levný, výdrž 3–5 let
- B. Prkna, trámy, kulatina, desky, palety, hranoly výdrž 5–20 let, nejvhodnější typ dřeva je akát a dub
- C. Plech – dlouhá životnost, neekologické
- D. Cihly, dlažba – do 40 cm je lze skládat bez pojiva, pak je nutné použít cement, mají schopnost akumulovat teplo
- E. Kámen – do 40 cm je lze skládat bez pojiva, pak je nutné použít cement, mají nejvyšší schopnost akumulovat teplo a udržet vláhu [94].



Obrázek 5.8 Vyvýšené záhony ve svahu, Boromejská zahrada



Obrázek 5.9 Nízké vyvýšené záhony, Boromejská zahrada

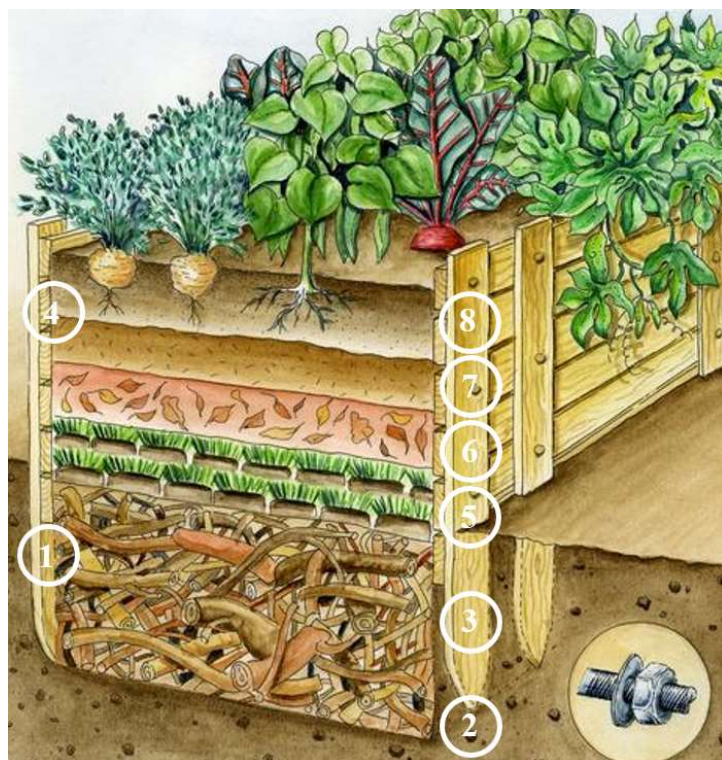


Obrázek 5.10 Vyvýšený záhon z pozinkovaného plechu [96]

5.4.3 Postup při založení záhonu

Nejvýhodnější období postavení vyvýšeného záhonu je časně z jara. A ideálním místem je plocha, kde svítí nejdéle slunce [96].

Jako první si pomocí lopaty odkryjeme vrstvu zeminy ve výšce 20, vytvoříme ohraničení a zkopřímáme rýčem. Poté záhon vrstvíme podle velikosti materiálu, což znamená, že se začne s největším materiálem, jako jsou klacky a kořeny, klidně i fošny a pařezy, větší materiál se vkládá z důvodu dobré cirkulace vzduchu. Každá vrstva má zhruba 25 cm. Další vrstvou můžou být například drny s trávou, které se pokládají trávou dolů. Třetí vrstvou mohou být větvičky různých rozměrů, které se vrství podle velikosti na ně potom položíme vrstvu posekané trávy nebo listů, která se později rozloží. Poté zasypeme kompostem. A jako poslední vrstva je kvalitní zemina ideálně smíchaná s humusem, v této vrstvě se může použít zemina, která je odložena ze zakládání. Humus drží vláhu i živiny pohromadě a půdní mikroorganismy hnojí rostliny svými mikroskopickými výkaly, proto nikdy nepoužíváme chemii. Co je důležité pro zeminu, je její vzdušnost a kyprnost, můžeme ji také vylepšit různými přísadami, jako je dřevěné uhlí, perlit, zeolit a pokud je zemina z těžké půdy je vhodné přidat písek [96].



1. pletivo proti hlodavcům
2. dřevo, pařezy, fošny, palety
3. drny s trávou
4. nopová fólie (izolace, ochrana proti škůdcům)
5. drny s trávou
6. menší větvičky a na ně listí
7. kompost
8. zemina smíchaná s humusem

Obrázek 5.11 Vyvýšený záhon s popsanými vrstvami [97]

Ideální rozměry záhonu jsou max. 1,2 m na šířku, to je z důvodu lepšího obhospodařování, je to z důvodu, aby člověk do záhonu nešlapal, a tím nezhutňoval nechtěně zeminu. Co se týče délky záhonu, tak tento údaj není zas tak důležitý a může si to každý vytvořit podle svého, ale často se používají tyto rozměry: 1,2 x 2,4 m nebo 1,2 x 3,6 m. Výšku záhonu si také můžeme zvolit, ale doporučená výška pro pohodlné obdělávání je 70-80 cm. Pokud na zahradě bude více záhonů, ideální rozměr mezi nimi je alespoň 60 cm [94].

6 Koncepce pěstování rostlin za využití pouze dešťové vody

Pro návrh výpočtu jsou zvoleny vyvýšené záhony, které jsou dobře využitelné i ve městech, kde převládá zpevněný povrch. V modelovém příkladu je uvažován vyvýšený záhon zřízený v ideálních podmínkách.

Pro pěstování na vyvýšených záhonech je vyvinut algoritmus, který říká, kolik dešťové vody, jaká plodina potřebuje, aby se jí dobře dařilo v jejím vegetačním období. Dále jsou tyto výsledky porovnány a je z nich vypočítána maximální plocha záhonu. Z toho je tak dále odvozen výnos z plodin a následná návratnost investice do dešťové nádrže. To vše ukáže nejen kolik pitné vody, ale také kolik finančních prostředků můžeme ušetřit. Ekonomický faktor je důležitým měřítkem, ale environmentální je pro naši Zemi daleko nezbytnější.

Pro porovnání je vytypováno několik druhů plodin a vytvořeno prostředí v MS Excel, kde si po vložení základních parametrů může každý zjistit výše uvedené výstupy.

Parametry z tabulek jsou vybrány pro oblast Brno za ideálních podmínek.

6.1 Vstupní hodnoty a výpočet množství dešťové vody z různých povrchů

Výpočet je vytvořen na ideálním příkladu: Vyvýšený záhon o rozměrech 1,2 x 3,6 m vyhotoven na zahradě, kde je dešťová voda sbírána ze střechy o ploše 50 m² se sklonem 6 % a na závlahu je použita kapková závlaha (úsporné řešení pro závlahu, funguje na principu hadice s otvory, která vede přímo ke kořenům rostliny).

Nejdříve jsou uvedeny úhrny srážek v měsíčním intervalu za posledních 5 let. Data jsou vybrána z meteorologické stanice z Fakulty Stavební. Hodnoty jsou porovnány s hodnotami z veřejně dostupného Českého hydrometeorologického ústavu (v případě použití bez dostupnosti meteorodat z Fakulty Stavební). Z tabulek je zřejmé, že v Brně jsou srážky nižší, než je průměr v Jihomoravském kraji. Odečtením průměrné hodnoty 29 % z hodnot stažených z ČHMÚ je tedy dosažen podobný výsledek.

Úhrny srážek z meteostanice Veverčí (Brno)													
[rok]/[mm]	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	Suma
2014	25,6	13,1	15,9	15,9	59,7	17,0	139,3	80,7	110,1	53,2	26,9	21,5	578,6
2015	28,8	9,5	24,5	0,0	53,4	30,4	42,0	33,4	10,7	46,5	19,9	9,8	308,7
2016	16,8	61,2	29,7	30,2	23,1	27,9	60,0	17,9	4,9	15,4	25,7	11,9	324,3
2017	15,1	11,8	20,2	34,3	53,8	18,1	0,0	18,7	64,4	44,1	22,9	14,0	317,3
2018	36,3	13,9	13,6	12,5	28,1	42,9	31,4	7,7	63,8	17,3	19,6	32,8	319,7
průměr	24,5	21,9	20,8	18,6	43,6	27,2	54,5	31,7	50,8	35,3	23,0	18,0	369,7

Úhrny srážek z celého Jihomoravského kraje (zdroj ČHMÚ)													
[rok]/[mm]	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	Suma
2014	23,0	15,0	12,0	27,0	78,0	29,0	89,0	113,0	136,0	39,0	30,0	31,0	622,0
2015	34,0	12,0	36,0	16,0	41,0	32,0	35,0	92,0	31,0	49,0	36,0	16,0	430,0
2016	26,0	68,0	26,0	46,0	49,0	52,0	122,0	43,0	13,0	46,0	31,0	12,0	533,0
2017	22,0	13,0	23,0	46,0	36,0	32,0	77,0	37,0	80,0	49,0	37,0	21,0	473,0
2018	39,0	17,0	24,0	16,0	53,0	61,0	49,0	31,0	90,0	18,0	19,0	33,0	451,0
průměr	28,8	25,0	24,2	30,2	51,4	41,2	74,4	63,2	70,0	40,2	30,6	22,6	501,8
dlouhodobý srážkový normál 1961-2010 [mm]	28	27	35	35	63	72	73	64	52	34	39	36	559

Tabulka 6.1 Úhrny srážek z vybraných meteostanic (Fakulta stavební, Veverčí a portál ČHMÚ)

Tyto vstupní hodnoty slouží k výpočtu množství vody, kterou lze zachytit na zkoumaném území. Výsledek vznikne vynásobením plochy, odtokového součinitele a úhrnu srážek za vegetační období (stanoveno normou ČSN 75 0434) určené plodiny. $Q = S \cdot \psi \cdot u$

Odtokový součinitel se určí z tabulky 6.2, podle sklonu terénu, velikosti a druhu povrchu.

Způsob zástavby a druh pozemku	Součinitel odtoku ψ při konfiguraci území		
	rovinné při sklonu do 1%	svažitě při sklonu 1 až 5%	prudce svažitě při sklonu nad 5%
střechy o půdorysném průmětu odvodňované plochy do 100 m ² včetně	1,0 ¹⁾	1,0 ¹⁾	1,0 ¹⁾
střechy o půdorysném průmětu odvodňované plochy větším než 100 m ²	0,9 ¹⁾	0,9 ¹⁾	0,9 ¹⁾
asfaltové a betonové plochy, dlažba se zálivkou spár	0,7	0,8	0,9
dlažby s pískovými spárami	0,5	0,6	0,7
upravené štěrkové plochy	0,3	0,4	0,5
neupravené a nezastavěné plochy	0,2	0,25	0,3
komunikace se zatravněvacích tvárníc	0,2	0,3	0,4
komunikace se vsakovacích tvárníc	0,2	0,3	0,4
sady, hřiště	0,1	0,15	0,2
zatravněné plochy	0,05	0,1	0,15

¹⁾ U střeš s propustnou horní vrstvou (vegetačních střeš) může být součinitel odtoku nižší.

Tabulka 6.2 Odtokový součinitel [98]

Vybraných je 22 plodin a jsou voleny podle délky vegetačního období, podle potřeby lidí a pro bezpečný růst především na vyvýšeném záhonu. (viz. tabulka 6.3)

Druh plodiny	Název plodina	Podunajská nížina jižní Morava		JHM kraj	Veveří	Cena nádrže
		Vegetační období	V_c [m ³ /ha]	Množství sr.vody za veg.ob.	Množství sr.vody za veg.ob.	
				Q [l]	Q [l]	
Polní plodiny	oves	20.3.-20.7.	2250	9023	6633	32 000
	slunečnice na olej	1.4.-30.9.	2800	16520	11318	52 000
	mák	1.4.-31.7.	2100	9860	7196	32 000
	ozimá řepka	20.8.-20.11.	2400	7583	5597	32 000
	brambory rané	20.3.-20.6.	2000	5857	4362	20 000
Zelenina	jahody	1.4.-31.7.	5000	9860	7196	32 000
	chmelnice	1.4.-20.8.	3600	11967	8252	40 000
	celer	15.5.-31.10.	4400	15735	11064	52 000
	cibule ze sazečky	15.4.-31.7.	1700	9105	6732	32 000
	česnek - jarní výsadba	1.3.-31.8.	1700	14230	9817	40 000
	hrách na lusky	15.4.-30.6.	1600	5385	4005	20 000
	kapusta raná	1.4.-15.6.	3000	5110	3789	20 000
	květák raný	1.4.-15.6.	3200	5110	3789	20 000
	mrkev s natí	1.4.-1.8.	2700	13020	8780	40 000
	mrkev bez natě	1.4.-1.8.	2700	13020	8780	40 000
	okurky salátové	1.5.-30.9.	4000	15010	10390	44 000
	paprika zeleninová	20.5.-30.9.	3400	13297	8937	40 000
	petržel kořenová	15.3.-30.9.	2500	17125	11837	52 000
	rajčata	15.5.-15.9.	2500	11975	8031	40 000
	salát letní	1.6.-31.7.	2100	5780	4088	20 000
	špenát jarní	15.3.-15.6.	1600	5715	4308	20 000
	zelí letní	1.5.-15.8.	3900	9930	7059	32 000

Tabulka 6.3 Výběr plodin, jejich vegetační období, vláhová potřeba V_c a vypočítané množství srážkové vody porovnané s cenou nádrže (cena podle tabulky 6.4)

V tomto momentu je tedy známé množství dešťové vody na určité ploše. Pro zachycení této vody je tedy možné určit, jak velká nádrž a její cena je za potřeby pro dané období. Uvedené ceny nádrží odpovídají veřejně dostupným katalogům výrobců plastových nádrží. viz. tabulka 6.4.

Nádrže		
Velikost [l]	Cena [Kč]	Poznámka
3 000	12 000	
5 000	20 000	
8 000	32 000	
12 000	48 000	Při této velikosti, je lepší vybrat dvě nádrže menšího rozměru pro lepší manipulaci a menší výkop.

Tabulka 6.4 Běžná cena nádrží

6.2 Závlahové množství

Aby bylo možné adaptovat srážkové úhrny na konkrétní plodinu, je potřeba znát další vstupní hodnoty. Pro výpočet je třeba vědět, že každá plodina má své závlahové množství, které potřebuje na to, aby se jí dobře dařilo.

Závlahové množství se značí M_z a vypočítá se pomocí bilanční rovnice:

$$M_z = k_z(r_1 V_c - r_2 \alpha S_r - r_3 W_z - W_k)$$

Vzorec je převzat z normy ČSN 75 0434. Hodnoty jsou v tabulce 6.5.

Vstupní hodnoty zadané z tabulek z normy ČSN 75 0434 o potřebě vody pro doplňkovou závlahu

Vstupní hodnoty	Označení	Hodnota	Jednotky	Poznámka
ztrátový součinitel	k_z	1	-	kapková závlaha → volím 1
redukční součinitel pro úpravu V_c	r_1	0,88	-	nadmořská výška Brno 200-300 m.n.m.
redukční součinitel pro úpravu α	r_2	0,88	-	nadmořská výška Brno 200-300 m.n.m.
redukční součinitel pro úpravu W_z	r_3	1	-	sklon terénu 0 %
součinitel využitelnosti srážek	α	0,75	-	půda hlinitá
kapilární pórovitost půdy	P_k	33	%	střední půda - hlinitá
využitelné množství vztlínající podzemní vody	W_k	0	[m ³ /ha]	v případě vyvýšených záhonů, předpokládáme, že hladina podzemní vody je velice nízko → volím 0

*Vybrané hodnoty jsou definované na město Brno.

Tabulka 6.5 Vstupní hodnoty podle ČSN 75 0434 [99]

Podle tabulek z normy je možné určit většinu vstupních hodnot. Pouze zásoba vody v půdě po zimě W_z , se stanoví ze vzorce $W_z = 50 (P_k - Z_{v,min}) h_u$, kde veškeré hodnoty jsou vzaty z tabulek z normy. P_k je kapilární pórovitost půdy uvedeno v tabulkách výše, hodnota $Z_{v,min}$ je minimální hodnota zásoby půdní vláhly určená podle druhu plodin a růstové fáze, kdy je z pohledu bezpečnosti návrhu volit 1.fázi – předpokládá se tedy suchá zima. H_u je účinná hloubka zakořenění odvozená ze stejné tabulky [99]. Dále je to dlouhodobý průměr srážek za vegetační období S_r , se zadá pomocí tabulek dlouhodobého srážkového normálu (za rok 1981-2010) z portálu ČHMÚ [100]. Výsledná hodnota závlahového množství jednotlivých plodin je vypočítaná v tabulce 6.6.

				Veveří								
Druh plodiny	Název plodina	Podunajská nížina jižní Morava		Množství sr.vody za veg.ob.	Min. zásoba půdní vláhy	Účinná hloubka zakořenění	Zásoba vody v půdě po zimě	Dlouhodobý průměr srážek za vegetační období	Závlahové množství	Plocha záhonku	Závlahové množství, při zvolené ploše záhonku	
		Vegetační období	V _c [m³/ha]	Q [l]	Z _{v, min} [%]	h _u [m]	W _z [m³/ha]	Sr [m³/ha]	Mz [l/m²]	S [m²]	V [l]	
Polní plodiny	oves	20.3.-20.7.	2250	6633	25	0,5	200	2303	26	255	112	
	slunečnice na olej	1.4.-30.9.	2800	11318	22	0,5	275	3590	-18	180	x	
	mák	1.4.-31.7.	2100	7196		0,6	180	2430	6	1121	28	
	ozimá řepka	20.8.-20.11.	2400	5597	25	0,5	200	1333	103	54	446	
	brambory rané	20.3.-20.6.	2000	4362	22	0,4	220	1577	50	87	216	
Zelenina	jahody	1.4.-31.7.	5000	7196		0,4	180	2430	262	28	1130	
	chmelnice	1.4.-20.8.	3600	8252	23	0,6	300	2857	98	84	424	
	celer	15.5.-31.10.	4400	11064		0,4	180	3265	154	72	664	
	cibule ze sazečky	15.4.-31.7.	1700	6732		0,4	180	2255	-17	180	x	
	česnek - jarní výsadba	1.3.-31.8.	1700	9817		0,4	180	3420	-94	180	x	
	hrách na lusk	15.4.-30.6.	1600	4005		0,4	180	1525	22	181	96	
	kapusta raná	1.4.-15.6.	3000	3789		0,4	180	1340	158	24	681	
	květák raný	1.4.-15.6.	3200	3789		0,4	180	1340	175	22	757	
	mrkev s natí	1.4.-1.8	2700	8780		0,4	180	3070	17	517	73	
	mrkev bez natě	1.4.-1.8	2700	8780		0,4	180	3070	17	517	73	
	okurky salátové	1.5.-30.9.	4000	10390		0,4	180	2078	197	53	850	
	paprika zeleninová	20.5.-30.9.	3400	8937		0,4	180	2820	95	94	411	
	petržel kořenová	15.3.-30.9.	2500	11837		0,4	180	3765	-46	180	x	
	rajčata	15.5.-15.9.	2500	8031		0,4	180	2665	26	308	113	
	salát letní	1.6.-31.7.	2100	4088		0,4	180	1450	71	57	307	
	špenát jarní	15.3.-15.6.	1600	4308		0,4	180	1515	23	189	99	
	zelí letní	1.5.-15.8.	3900	7059		0,4	180	2400	167	42	721	

Tabulka 6.6 Vypočítané závlahové množství a plocha záhonku pro jednotlivé plodiny

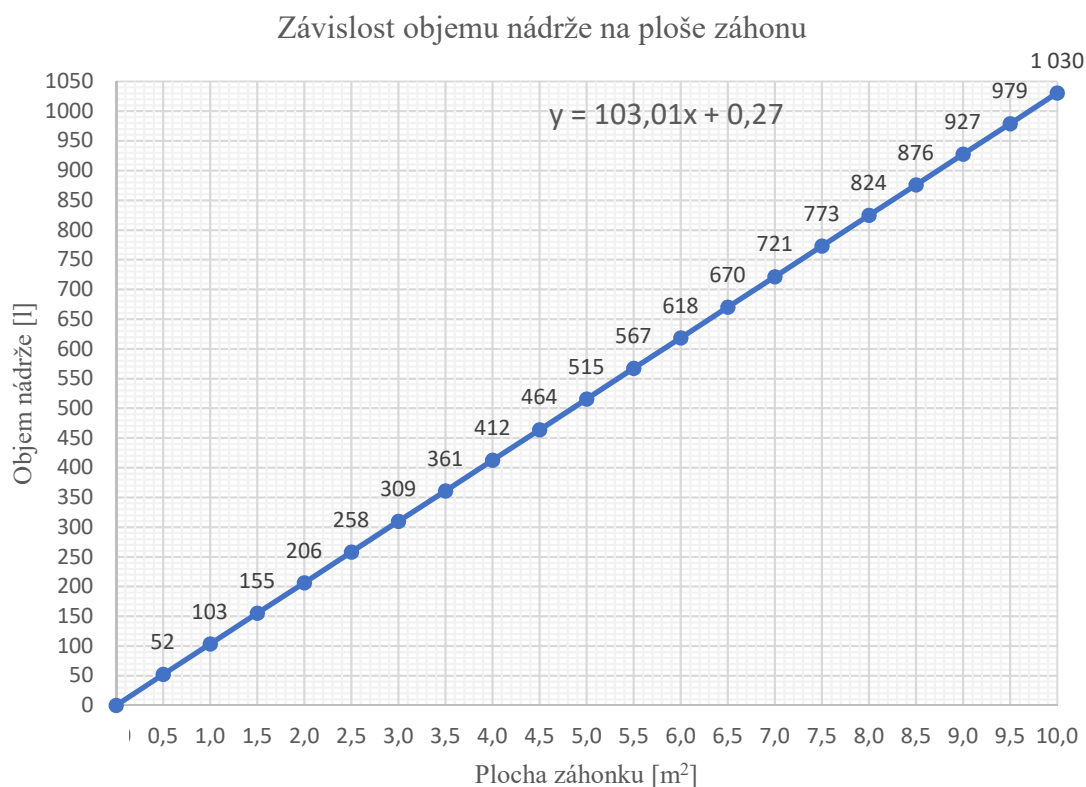
Je tedy známo, kolik jednotlivá rostlina potřebuje litrů vody na m². Ze všech doposud vypočítaných hodnot je možné určit, jakou maximální plochu záhonku si můžeme dovolit, když vydělíme množství dešťové vody sebrané ze střechy se závlahovým množstvím.

Pro některé plodiny vyšly z algoritmu záporné hodnoty, což znamená, že tyto plodiny nepotřebují doplňkovou závlahu a vystačí si pouze s tím, co na ně naprší. V tomto příkladě se jedná o slunečnice, cibuli, česnek a petržel. Je to také z důvodu dlouhého vegetačního období. V tomto případě tedy není známa plocha pozemku. Pro další výpočty je možné si tuto plochu zvolit, stejně jako v tabulce výše, kde si volím průměrnou plochu 180 m².

Algoritmus lze také využít v opačném směru a pokud je cílem nejprve určit plochu pozemku, slouží k tomu poslední sloupec, který udává, kolik je potřeba vody v litrech na konkrétní plodinu, při zvolené ploše záhonu. V našem případě činí zvolená plocha 4,32 m² (1,2 x 3,2 m).

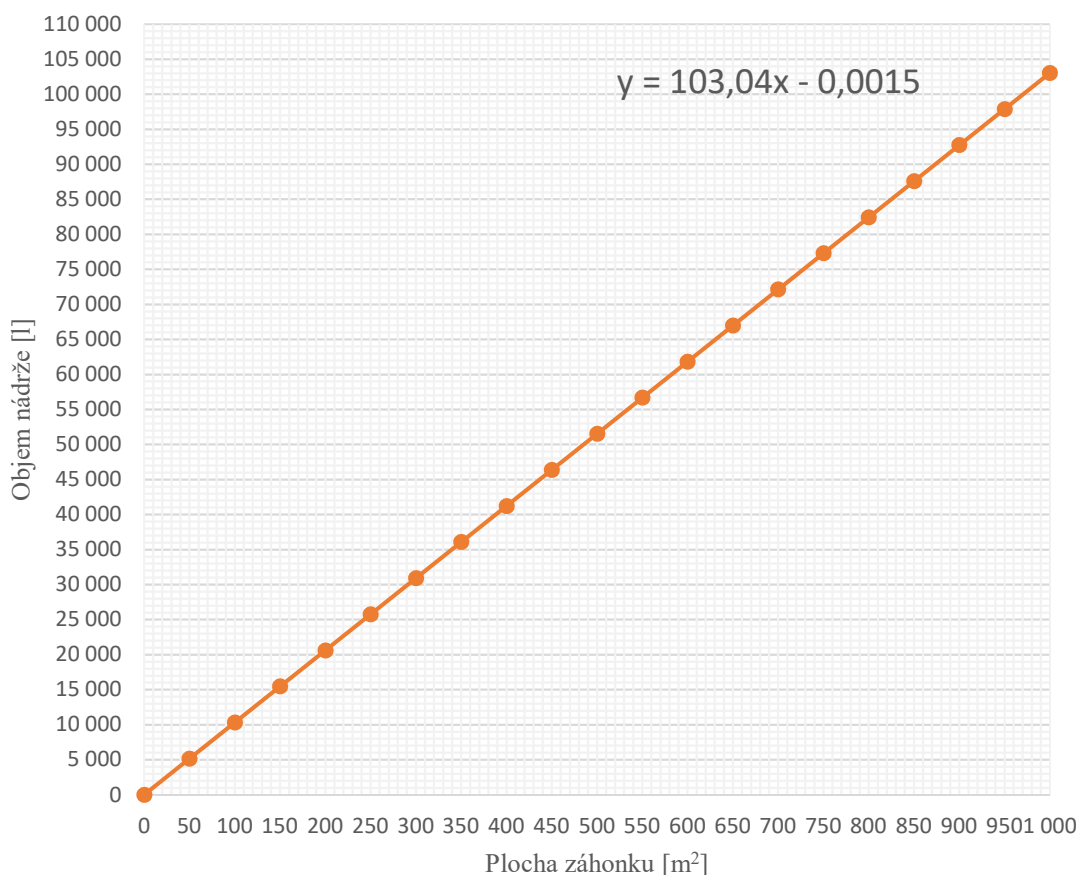
6.2.1 Závislost objemu nádrže na ploše záhonu

Pro jednodušší použití lze také pracovat s přiloženými grafy 6.1 a 6.2. Díky přiložené rovnici stačí vložit požadovanou hodnotu za x nebo y (objemu nádrže nebo plochy záhonu), a tím se získá požadovaná hodnota. Jsou zobrazeny dva grafy, první je spíše pro domácí účely, a tedy zamýšlené pro menší plochy, či záhony. Graf 6.2 je vytvořen s většími hodnotami a lze ji tak použít ve větším měřítku, jako jsou např. pole či farmy.



Graf 6.1 Závislost objemu nádrže na ploše záhonu v menším měřítku

Závislost objemu nádrže na ploše záhonu



Graf 6.2 Závislost objemu nádrže na ploše záhonu ve větším měřítku

6.3 Výnos, cena a návratnost

Další výstupy, které se dají využít v tomto manuálu je např. výnos a cena produktů a dále určení finanční návratnosti. Výnos je uveden v kilogramech a je brán z Českého statického úřadu (ČSÚ) [101], kde jsou tyto plodiny pěstovány a sklizeny ve velkém množství, z toho tedy vyplývá, že při našem výpočtu by výnos měl být větší, než je uvedeno v tabulce. Podobně je to s cenou vypěstovaných produktů, také jsou převzaty z ČSÚ [102], odkud jsou použity průměrné ceny plodin z nejaktuálnějších dostupných dat. Cena produktů je vynásobena výnosem pro zjištění celkové ceny produktů. Nejdůležitějším měřítkem je finanční návratnost. Jednoduše nám ukazuje za kolik let se nám vrátí investice vložené do pěstování vlastních plodin a uskladnění vody.

		Veveří							
Druh plodiny	Název plodina	Množství sr.vody za veg.ob.	Závlahové množství	Plocha záhonku	Výnos	Cena produktů	Cena nádrže	Celková cena produktů	Návratnost
		Q [l]	Mz [l/m ²]	S [m ²]	[kg]	[Kč/kg]	[Kč/kus]	[Kč]	[let]
Polní plodiny	oves	6633	26	255	91	5,85	32 000	532	60
	slunečnice na olej	11318	-18	180	42	7,32	52 000	311	167
	mák	7196	6	1121	57	96,93	32 000	5 541	6
	ozimá řepka	5597	103	54	19	9,52	32 000	177	181
	brambory rané	4362	50	87	240	5,79	20 000	1 388	14
Zelenina	jahody	7196	262	28	9	82,85	32 000	757	42
	chmelnice	8252	98	84	9	216,17	40 000	1 852	22
	celer	11064	154	72	189	13,35	52 000	2 523	21
	cibule ze sazečky	6732	-17	180	398	11,92	32 000	4 741	7
	česnek - jarní výsadba	9817	-94	180	78	43,11	40 000	3 383	12
	hrách na luský	4005	22	181	41	6,35	20 000	258	77
	kapusta raná	3789	158	24	49	10,67	20 000	524	38
	květák raný	3789	175	22	49	15,39	20 000	759	26
	mrkev s natí	8780	17	517	1973	19,52	40 000	38 504	1
	mrkev bez natě	8780	17	517	1973	7,85	40 000	15 486	3
	okurky salátové	10390	197	53	331	24,16	44 000	8 005	5
	paprika zeleninová	8937	95	94	231	18,61	40 000	4 290	9
	petržel kořenová	11837	-46	180	328	24,03	52 000	7 873	7
	rajčata	8031	26	308	1020	30,21	40 000	30 807	1
	salát letní	4088	71	57	104	34,99	20 000	3 633	6
	špenát jarní	4308	23	189	297	3,07	20 000	913	22
	zelí letní	7059	167	42	155	3,77	32 000	585	55

Tabulka 6.7 Výnos a cena produktů vysazených na vyvýšeném záhonu s finanční návratností

V konkrétním případě je možné vidět u jednotlivých rostlin, které se vyplatí více pěstovat a které méně. Hodnoty, které mají šedé podbarvení značí finanční návratnost při předem určené průměrné ploše (180 m²) z důvodu záporného čísla závlahového množství. Tyto plodiny se vyplatí pěstovat za každých okolností, díky jejich nízké spotřebě vody. V porovnání s ostatními plodinami je na tom nejhůře řepka ozimá, kterou se pěstovat téměř nevyplácí, protože by se u ní pořizovací náklady vrátily až po 181 letech. Naopak mrkev a rajčata mají návratnost hned následující rok. U okurek, paprik a salátů to je od 5 až 9 let.

To se však na tento výsledek díváme pouze a jenom z ekonomického hlediska, které je samozřejmě důležité, ale pro naši Zemi a šetření její krajiny je environmentální pohled daleko zásadnější. Díky tomuto manuálu je snadné si uvědomit, že investice vložená do nádrží na dešťovou vodu se opravdu vyplatí nejen finančně, ale také ekologicky, protože šetříme tak naše přírodní zdroje, které nejsou nekonečné.

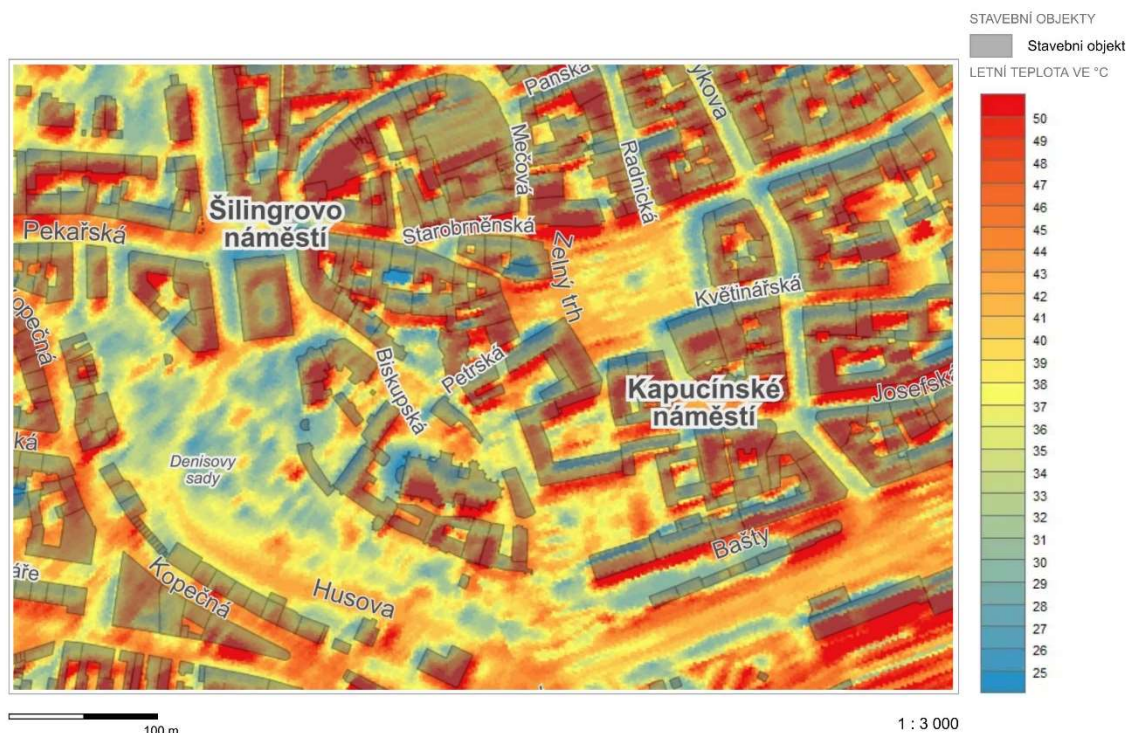
7 Porovnání technické a přírodní infrastruktury z města Brna

Jak už je známo z teoretické části, zelená a modrá infrastruktura je potřebnou součástí města. Především v posledních horkých měsících, kdy betonové plochy a budovy ohřívají město na občas nesnesitelnou teplotu. Proto je potřeba do měst zakomponovat více zelených a modrých prvků. Zelenými prvky mohou být stromy, keře, trávniky, zahrady, vypěstované plodiny a jakékoliv další přírodní prvky. Modrou infrastrukturou jsou myšleny veškeré vodní prvky, příkladem mohou být rybníčky, nádrže, říčky, fontány, přírodní koupaliště, vše, co dokáže zadržet vodu a zlepšit tak mikroklima nebo koloběh vody.

7.1 Porovnání Zelného trhu a Denisových sadů

Jako příklad zde nejdříve uvádím půdorysnou mapu města Brna, která byla vytvořena pro celé území v létě (7.7.) v roce 2015 a může sloužit jako podklad pro porovnání teplot mezi technickou a přírodní infrastrukturou ve větším měřítku. Vybrané oblasti k porovnání jsou Zelný trh a Denisovy sady pod Petrovem.

Zelný trh je místo, které je vydlážděno dlažebními kostkami, tudíž povrch není úplně nepropustný, což značí nejen lepší teplotu v létě, ale také lepší vsakování vody. Oblast je i tak velice teplá především díky obklopujícím budovám. V roce 2015 se na Zelném trhu vybudovali prostory pro sezení a několik stromů, které mohou v budoucnosti pomoci toto místo zchladit [103]. Podle snímku 7.1 je vidět, že prostor Zelného trhu je žlutý až výrazně červený. To značí vysokou teplotu a v prostorách u ulice Starobrněnská, kde je prostor zároveň ohříván budovou (krytá tržnice) se teplota povrchu pohybuje až kolem 57 °C. Uprostřed náměstí je modrý kruh značící nízkou teplotu, to je kašna Parnas. Tento prvek celkem výrazně ochlazuje prostor. Zde je zhruba 28 °C, což je ve srovnání se severní stranou veliký rozdíl. Průměrná teplota povrchu na Zelném trhu je okolo 40 °C pocitová teplota v tomto letním dni však byla okolo 30-35 °C.



Obrázek 7. 1 Snímek centra Brna z termokamery, porovnávající dvě plochy [104]

Naproti tomu v nedalekých Denisových sadech, kde se teplota v zelené části pohybovala kolem 25 °C, se v oblasti chodníčku vysypaného ze štěrku s betonovými prvky teplota vyšplahala až na 40 °C.

Výsledkem tohoto obecného zkoumání, je že i malý prvek zeleného nebo modrého faktoru, může pomoci od přehřívání nejen náměstí, ale jakýkoliv zpevněných prostor. Přinese do místa kontrast, navodí příjemnější atmosféru, sníží tak teplotu a zlepší zdraví.

7.2 Porovnání přírodních prvků z Boromejské zahrady

Pro podrobnější průzkum a měření je zvolena právě zmíněná Boromejská zahrada, kde byly měřeny rozdíly teplot pomocí. Jako příklady jsou zde různé druhy povrchů, přírodní materiály a také záhony s plodinami.

Měření proběhlo po delší době deštivých a studených dnů v květnu, tudíž v některých příkladech nejsou materiály dostatečně ohřáté, a naopak jiné jsou více, díky pouze aktuálnímu slunečnímu záření. Pocitová teplota se pohybovala kolem 23°C.

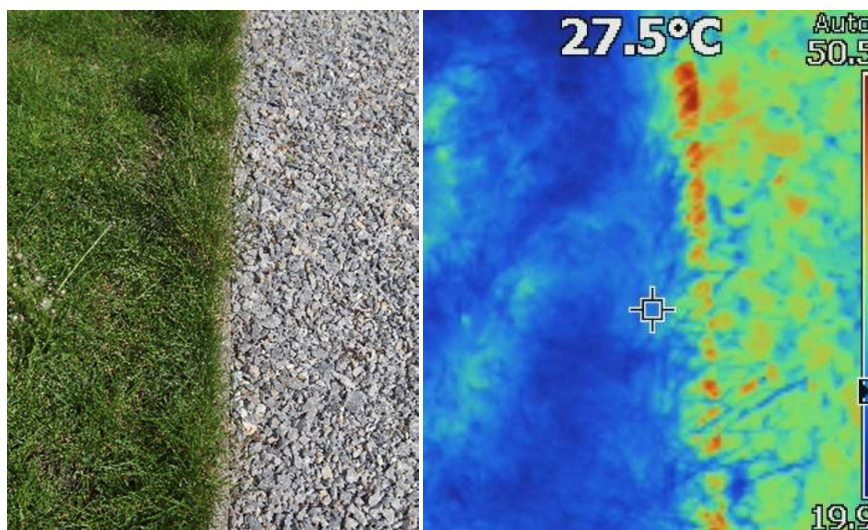
Teplotní rozdíly dle použitého materiálu

Pro analýzu teplot materiálů jsou zvoleny 4 druhy, které jsou mezi sebou porovnány. Jedná se hlavně o přírodní materiály vyskytující se jako povrchy ve městech.

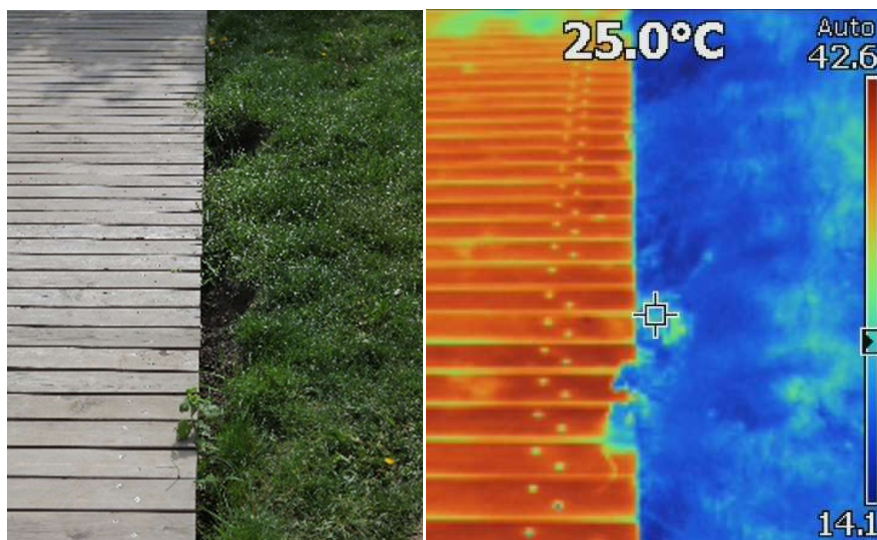
Prvním materiálem je drcené kamenivo porovnané s travním porostem. Na uvedených snímcích je vidět podle legendy, která má u každého snímku automatický rozsah, že nejnižší teplota trávníku je necelých 20 °C oproti tomu teplota drceného kameniva se pohybuje až v hodnotách 40 °C, což je dvojnásobek teploty.

Pokud porovnáme trávník se dřevěným povrchem (viz obrázek 7.3), zjistíme, že v tomto případě má dřevo velice vysokou teplotu. Je to především díky aktuálnímu vysokému slunečnímu záření a teplota se tedy v tomto případě dá srovnat s teplotou drceného kameniva. Ve více parných po sobě jdoucích dnech si, ale dovolím odhadovat, že by hodnoty dřeva byly nižší než u kameniva.

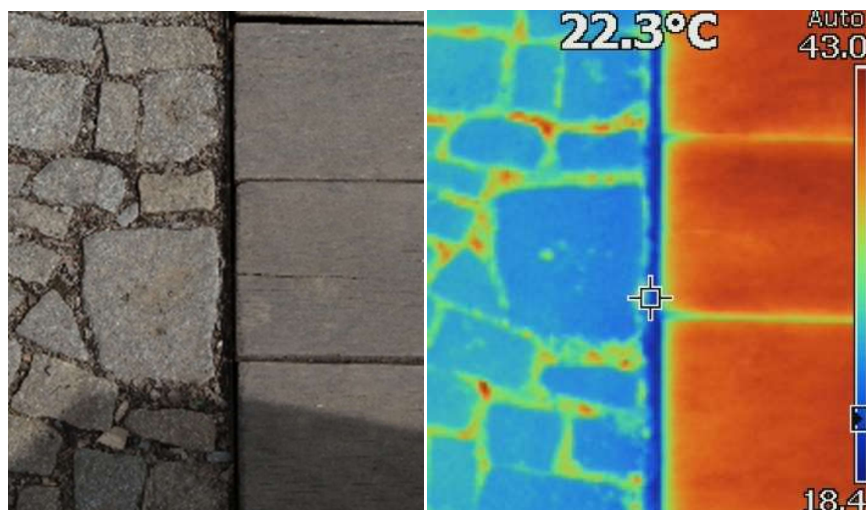
Posledním materiálem pro porovnání je opracovaný kámen a dřevo. Kde je to podobný případ jako drceného kameniva, ale o větších rozměrech, tudíž se déle prohřívá. Ze snímku je tedy zřejmé, že dřevo je daleko prohřátější, díky krátkému slunečnímu záření. Teploty se pohybují kolem 20 °C pro kámen a 40 °C pro dřevo.



Obrázek 7.2 a 7.3 Porovnání fotografie a snímku z termokamery, materiál tráva a drcené kamenivo



Obrázek 7.4 a 7.5 Porovnání fotografie a snímku z termokamery, materiál dřevo a tráva



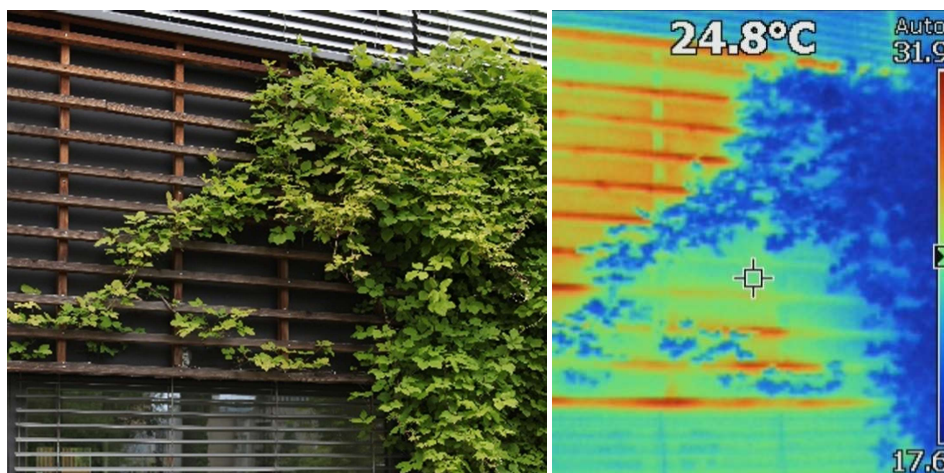
Obrázek 7.6 a 7.7 Porovnání fotografie a snímku z termokamery, opracovaný kámen a dřevo

Teplotní rozdíly dle druhu povrchu

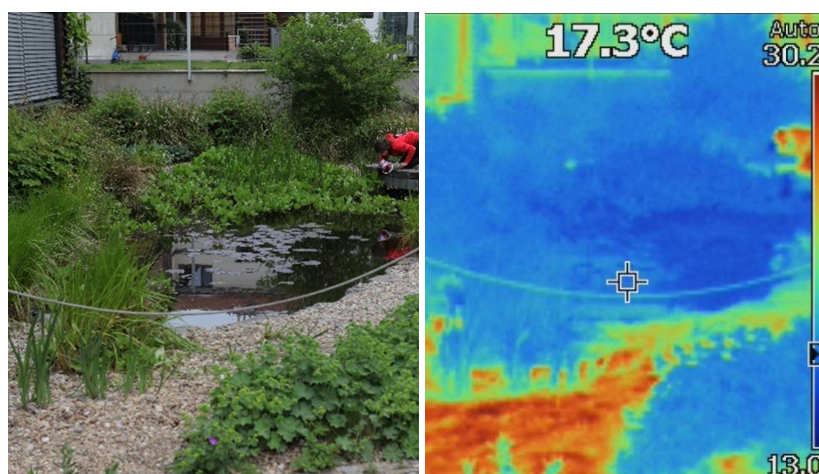
Prvním příkladem je stěna s dřevěnými prvky a popínavá rostlina. V tomto případě je jasně vidět, jak rostlina s velkými listy dokáže být chladná. Je to především díky její transpiraci. Její teplota se pohybuje okolo 18 °C, kdežto tmavá fasáda má teplotu kolem 30°C.

Další ukázkou je vodní plocha, jedná se o malý rybníček u Otevřené zahrady. Na tomto příkladu jsme naměřili nejnižší teploty, až 13°C. V porovnání s oblázky v blízkosti rybníčku je teplota 30 °C velmi znepokojující.

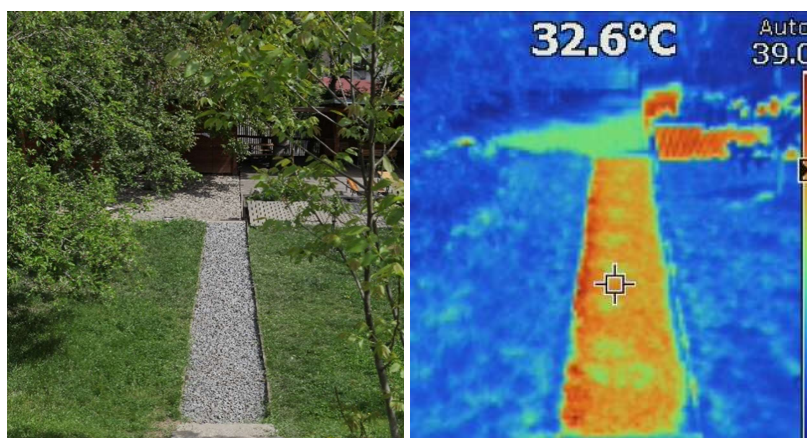
Poslední ukázkou jsou už výše zmíněné materiály drcené kamenivo jako chodník a dřevěné podium vs. travnatá plocha pouze ve větším měřítku, pro lepší představu.



Obrázek 7.8 a 7. 9 Porovnání fotografie a snímku z termokamery, zed' a popínavá rostlina



Obrázek 7.10 a 7. 11 Porovnání fotografie a snímku, rybníček a oblázkový povrch

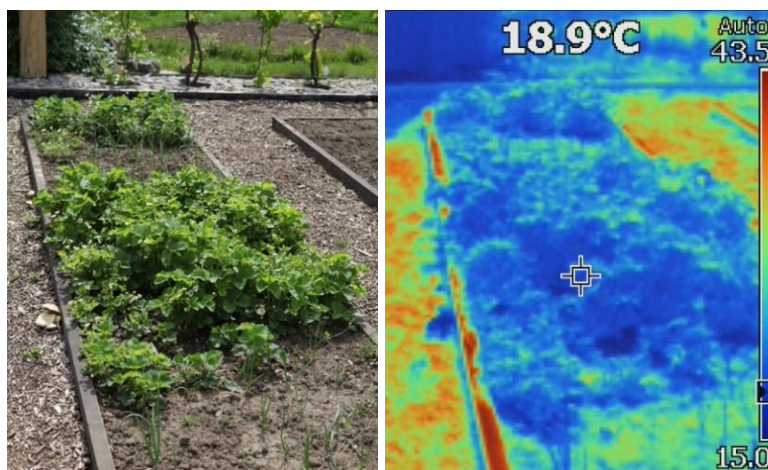


Obrázek 7.12 a 7. 13 Porovnání fotografie a snímku, trávnik, drcené kamenivo a dřevěné podium

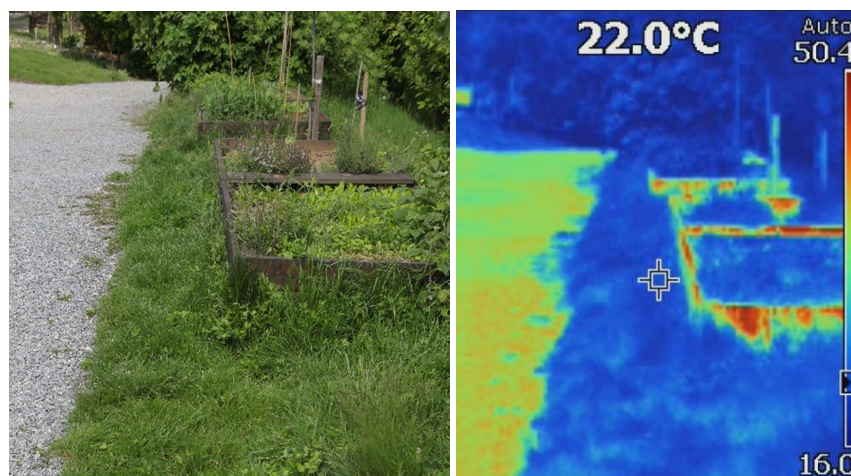
Dle záhonů a plodin na nich rostoucích

Posledními vzorky jsou záhony a plodiny na nich vysazené. První příklad je klasický dlouhý záhon ohraničený dřevěnými prkny. Uvnitř záhonu rostou jahody a jejich teplota je zhruba 18 °C, kdežto chodník okolo něho, který je z mulčovací kůry má teplotu až 40°C.

V druhém příkladu se jedná o vyvýšený záhon s různými rostlinami, kde je znova vidět, že dřevo je poměrně rozpálené, ale teplota uvnitř záhonu i kolem něho se pohybuje okolo 20 °C v porovnání s chodníkem už ze zmíněného drceného drobného kameniva, kde se v tomto případě pohybuje kolem 35°C.



Obrázek 7.14 a 7. 15 Porovnání fotografie a snímku, klasický záhon s jahodami



Obrázek 7.16 a 7. 17 Porovnání fotografie a snímku, vyvýšený záhon a drcené kamenivo

V této kategorii je jasně viditelné, že i malé rostliny, jako je jahodník či rozmarýn mohou pomoci ochladit prostor o několik stupňů.

Ideálním prvkem pro město je tedy podle průzkumu travnatá plocha. Nejen, že vykazuje nejnižší teplotu díky vypařování vody, je také ideálním prvkem pro vsakování, což je při přívalem dešti velice žádoucí. Mimo jiné rostliny přeměňují oxid uhličitý na kyslík, bez kterého bychom tu nebyli. Nevýhodou tohoto materiálu je, že při vysokých teplotách v letních dlouhých dnech může postrádat vodu, a tím také vysychat, díky tomu potom ztrácí svůj účinek. Pro správné ochlazování se dají rostliny použít i na střechy a zdi.

Zbylé materiály jako je kámen a dřevo, jsou stále dobrým přírodním alternativním materiálem. Kamenivo, pokud je propustné, tak může mít velice kladné vlastnosti a pokud se nejedná o dlouhotrvající parné dny jeho teplota (20 °C) bude nižší než u dřeva. U dřeva je patrné, že vykazuje při přímém slunečním svitu vysoké teploty (až 50 °C) oproti povrchu pokrytých vegetací (nejnižší teplota zelené plochy je 16 °C). Také se musí po několika letech obměnit, stále ale v teplých dnech nebude vyzařovat tak vysoké teploty, jako například dlažba nebo asfalt a dříve se také schladí.

Dobrým chladícím prvkem je také už výše zmíněná vodní plocha, ať už je to fontána nebo rybníček, tyto opatření mohou výrazně snížit okolní teplotu.

8 Závěr

Klimatické změny prokazatelně probíhají. Mezi hlavní příčiny patří veškerá aktivita člověka přímo či nepřímo vytvářející emise skleníkových plynů. Mezi následky patří stále nepředvídatelnější počasí se zesilujícími extrémy, v případě České republiky je to především sucho a záplavy. Terminální následky mohou být různé, od sníženého komfortu života až po tragicky mnohačetné ztráty na lidských životech. Některé následky mohou být zmírněny (mitigace), některým je nutné se přizpůsobit (adaptace).

Tato práce představuje způsoby adaptace na klimatické změny v městském prostředí, protože zde se kvůli vysoké hustotě zalidnění mohou následky klimatických změn více projevovat.

V bakalářské práci jsou demonstrovány rozdíly mezi přírodní a technickou infrastrukturou v konkrétním příkladu z oblasti městského zemědělství. Lze tak městu pomoci nejen částečně snížit emise, ale také přinést více zeleně, tím zlepšit mikroklima, zchladit prostor, dále přinést kvalitnější produkty, za kterými nezůstávají vysoké potravinové kilometry – tedy uhlíková stopa. A nakonec městské zemědělství může také nabídnout nové místní pracovní příležitosti, kulturní vyžití, sociální zázemí apod.

V České republice se městské zemědělství projevuje hlavně ve formě jednoúrovňové, tedy spolu s okolním terénem. Tvoří se tak především zahrádkářské kolonie, komunitní zahrady, minifarmy a pouliční zahradničení (v zahraničí nazýváno street gardening). Pro tvorbu těchto projektů je dobré využít prostory, které jsou například bez většího potenciálu, jako jsou vnitrobloky, brownfieldy nebo jiné neprosperující plochy ve městech.

Uvedeným konkrétním příkladem je Boromejská zahrada v Brně. Díky termosnímům bylo prokázáno, že zeleň ve městech díky výparům z listů pomáhá ochladit okolní prostor a je tak ideálním prvkem adaptace na parné letní dny. Jako ideálním povrchem ve městech se jeví zatravněný porost nebo vodní prvek. Alternativou může být také dřevo v dalším případě poté propustné kamenivo.

Stěžejním sestaveným nástrojem adaptace je koncept pro výpočet velikosti vyvýšeného záhonu v závislosti na množství sbírané dešťové vody pro jeho zavlažování. Na základě dat z meteostanice z Fakulty Stavební Vysokého učení technického v Brně bylo vypočítáno množství vody využitelné pro zálivku vybraných plodin, to dále adaptováno na ideální plochu záhonu, následoval výpočet výnosu produktů. Tento algoritmus je představen na konkrétním opatření v oblasti městského zemědělství, a tím je vyvýšený záhon. Výsledkem je návod na účinné pěstování rostlin bez použití vodovodního řadu, pouze za pomoci dešťové vody.

Dále byla vypočítána návratnost investice, a tím porovnáno ekonomické hledisko tohoto opatření. Daleko důležitějším hlediskem, je ale neporovnatelný pohled environmentální. Díky této domácí produkci, byť jen třeba časově omezené, ušetříme krajinu nejen o už zmíněnou vodu pitnou, ale také o uhlíkovou stopu, přispíváme k ochraně biodiverzity, získáme kvalitní produkt, ke kterému budeme mít daleko vřelejší vztah než ke kupovanému ze supermarketu a v neposlední řadě tím můžeme podpořit duševní klid.

Pro další výzkum je doporučeno rozšířit databázi pěstovaných plodin. Například o hojně žádané bylinky, které se v normách neobjevují. Dále také doporučuji provést sociální průzkum v obecné veřejnosti a zjistit reálný zájem o zde prezentované aktivity.

Výsledek práce, kterým je excelovský nástroj, bude sloužit k propagaci zemědělství ve městech jako návod pro různé návrhy řešení, která budou po stránce vodního hospodářství navrženy korektně. Tento soubor bude zároveň poskytnut architektonickým kancelářím, které spolupracují s Ústavem vodního hospodářství krajiny.

9 Seznam použitých zdrojů

- [1] TRNKA M., ŽALUD Z., HLAVINKA P., BARTOŠOVÁ L A KOL. Průvodce změnou klimatu. In: *Klimatická změna* [online]. Brno: CzechGlobe, 2015 [cit. 2019-04-17]. Dostupné z: <https://www.klimatickazmena.cz/cs/vse-o-klimaticke-zmene/pruvodce-zmenou-klimatu/>
- [2] HOLLAN, Jan. Klimatický systém. *Pojmy vztahující se ke globální změně* [online]. [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <http://amper.ped.muni.cz/gw/pojmy>
- [3] Úvod do studia meteorologie a klimatologie. *Klimatologie a hydrogeografie pro učitele* [online]. Brno: Pedagogická fakulta Masarykovy univerzity [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/pedf/ps14/fyz_geogr/web/pages/01-uvod.html
- [4] ŠTROS, Martin. Globální klimatický systém. *Meteocentrum* [online]. [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <https://www.meteocentrum.cz/zajimavosti/globalni-oteplotvani/globalni-klimaticky-system>
- [5] Změna klimatu: Příčiny a následky. *Ekoenergie* [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <https://www.ekoenergy.org/cs/extras/background-information/climate-change/>
- [6] Skleníkový efekt. *IN-POČASÍ* [online]. 2007 [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <https://www.in-pocasi.cz/clanky/teorie/sklenikovy-efekt/>
- [7] Skleníkový efekt. In: *SIEGL* [online]. 2016 [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <https://www.siegl.cz/blog/niceni-prirody/jak-vznika-sklenikovy-efekt>
- [8] Atmosféra. *Nauka o Zemi pro technické obory* [online]. Ostrava, 2010 [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <http://geologie.vsb.cz/jelinek/tc-atmosfera.htm>
- [9] Skleníkové plyny. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2019 [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Sklen%C3%ADkov%C3%A9_plyny
- [10] Nejvýznamnější mezinárodní podklady. *Český hydrometeorologický ústav* [online]. Praha [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/zmena-klimatu/nejvyznamnejsi-mezinarodni-podklady>
- [11] Rámcová úmluva OSN o změně klimatu. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. Praha [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/ramcova_umluva_osn_zmena_klimatu
- [12] Kjótský protokol. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2019 [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Kj%C3%B3tsk%C3%BD_protokol
- [13] Kjótský protokol. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. Praha [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/kjotsky_protokol
- [14] Pařížská dohoda. *Ministerstvo životního prostředí* [online]., 2 [cit. 2019-05-15]. Dostupné z:

[https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/parizska_dohoda/\\$FILE/OEOK-Cesky_preklad_dohody-20160419.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/parizska_dohoda/$FILE/OEOK-Cesky_preklad_dohody-20160419.pdf)

- [15] *Úvod do problému klimatické změny* [online]., 1 [cit. 2019-05-10]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/klimazmena/files/cc_chap01.pdf
- [16] Klimatická změna. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2019 [cit. 2019-05-15].
- [17] Praha Klementinum. *Český hydrometeorologický ústav* [online]. Praha [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/praha-klementinum>
- [18] KAMENICKÝ, Robin. *Pohled do historie změny klimatu* [online]. Brno, 2014 [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <https://www.zmenaklimatu.cz/cz/fakta/1413-pohled-do-historie-zmeny-klimatu>
- [19] HUAG, Anny. Emissions by Economic Sector. In: *California air resources board* [online]. Sacramento, 2018 [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <https://www.arb.ca.gov/>
- [20] Emise skleníkových plynů. *Vítejte na Zemi* [online]. Praha, 2017 [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=emise_sklenikovych_plynu&sit e=doprava
- [21] BRAVENÝ, A. *Produkce CO₂ a obchod s emisními povolenkami*. BRNO: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta Strojního inženýrství, 2011. Vedoucí bakalářské práce Ing. Tomáš Frdan.
- [22] Main sources of carbon dioxide emissions. *CO₂ Human Emission* [online]. 2017 [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <https://www.che-project.eu/news/main-sources-carbon-dioxide-emissions>
- [23] Emissions by Country. *United States Environmental Protection Agency* [online]. United States, 2019, 2017 [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data>
- [24] Viníci skleníkového efektu. *Parlamentní listy* [online]. 2013 [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <https://www.parlamentnilisty.cz/zpravy/tiskovezpravy/Vinici-sklenikoveho-efektu-Nejen-elektrarny-a-auta-ale-i-kravy-272088>
- [25] MILICH, L. Skleníkové plyny. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2019 [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Sklen%C3%ADkov%C3%A9_plyny#cite_note-9
- [26] Mořský život se podle vědců změní, oceány se okyselují. *Naše voda* [online]. 2017 [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <https://www.nase-voda.cz/morsky-zivot-se-podle-vedcu-zmeni-oceany-se-okyseluji/>
- [27] Změna klimatu. In: *Změna klimatu* [online]. 2013 [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=3888&typ=html

- [28] Annual Temperature Anomaly. In: *Berkeley Earth* [online]. California, 2018 [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <http://berkeleyearth.org/2018-temperatures/>
- [29] Územní teploty. *Český hydrometeorologický ústav* [online]. Praha, 2019 [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-teploty#>
- [30] HOLTANOVÁ, Eva a Petr SKALÁK. Průměrná roční teplota vzduchu. In: *Český hydrometeorologický ústav* [online]. Praha [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/mapy-charakteristik-klimatu#>
- [31] Rekordy na území České republiky. *Meteocentrum* [online]. Praha [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <https://www.meteocentrum.cz/zajimavosti/encyklopedie/rekordy-pocasi>
- [32] V Česku prší stále stejně. *ČT24* [online]. Česká televize, 2019, 13.7.2017 [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <https://ct24.ceskatelevize.cz/domaci/2180350-v-cesku-prsi-stale-stejne-je-ale-tepleji-a-meni-se-rozlozeni-a-sila-deste>
- [33] World Wide Total Daily Precipitable Water Map. In: *El Dorado weather* [online]. El Dorado, 2019 [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <https://www.eldoradoweather.com/climate/world-maps/world-precipitable-water.html>
- [34] Územní srážky. *Český hydrometeorologický ústav* [online]. Praha, 2019 [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-srazky#>
- [35] Průměrný roční úhrn srážek. *Klimatická změna* [online]. Brno: CzechGlobe, 2019 [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <https://www.klimatickazmena.cz/cs/?l=35&m=165&f=2&e=b>
- [36] WILHITE, Donald A. *Drought and Water Crises: Science, Technology, and Management Issues*. Boca Raton, FL: CRC Press, 2005. ISBN 9780824727710.
- [37] Water risk atlas. *World resources institute* [online]. Washington, DC [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <https://www.wri.org/applications/maps/aqueduct-atlas/#x=8.00&y=0.24&s=ws!20!28!c&t=waterrisk&w=def&g=0&i=BWS-16!WSV-4!SV-2!HFO-4!DRO-4!STOR-8!GW-8!WRI-4!ECOS-2!MC-4!WCG-8!ECOV-2!&tr=ind-1!prj-1&l=3&b=terrain&m=group&init=y>
- [38] Intenzita sucha. In: *Intersucho* [online]. Brno, 2018 [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <https://www.intersucho.cz/>
- [39] *Deset ukazatelů ohřívání Zeměkoule* [online]. In: . 2010 [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Diagram_showing_ten_indicators_of_global_warming_cs.png
- [40] Eroze zemědělské půdy. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2019 [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Eroze_zem%C4%9Bd%C4%Blsk%C3%A9_p%C5%AFdy

- [41] Eroze půdy. *Vítejte na Zemi* [online]. 2013 [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=eroze_pudy&site=puda
- [42] VENCLOVÁ, Barbora. Je nastavení ochrany půdy před vodní erozí dostatečné?. In: *Úroda* [online]. Moravio, 2014 [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <https://www.uroda.cz/je-nastaveni-ochrany-pudy-pred-vodni-erozi-dostatecne-ano-nebo-ne-2/>
- [43] VAŠKŮ, Jan. Co nám přinášejí lesy. In: *České infografiky* [online]. 2018 [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <https://ceskeinfografiky.cz/co-nam-prinaseji-lesy-infografika/>
- [44] POSPÍŠIL, Tomáš. Klimatická změna a kůrovec. *Lesy ČR* [online]. 2018 [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <https://lesy.cz/kurovcova-kalamita/>
- [45] SVOBODA, Miroslav. Kácet každý kůrovcem napadený strom je zbytečné, část lesů by měla zůstat v přírodním stavu, říká vědec. *Hospodářské noviny* [online]. 2018 [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <https://domaci.ihned.cz/c1-66167270-kacet-kazdy-kurovcem-napadeny-strom-je-zbytecne-cast-lesu-by-mela-zustat-v-prirodnim-stavu-rika-vedec>
- [46] Kalamita Jeseníky. In: *Idnes.cz* [online]. 2018 [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/olomouc/zpravy/olomoucky-kraj-kurovec-skody-kaceni-cena-dreva-miliarda-korun.A180604_405744_olomouc-zpravy_stk/foto/V180607_115747_olomouc_jda
- [47] Důsledky změny klimatu. *Evropská komise* [online]. [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/clima/change/consequences_cs
- [48] Dopady změny klimatu. *Klimatická změna* [online]. 2015 [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <https://www.klimatickazmena.cz/cs/vse-o-klimaticke-zmene/dopady-zmeny-klimatu-extremni-jevy/>
- [49] FARDA, Aleš. Návrat k původnímu klimatu je z říše fantazie. *Česká pozice* [online]. 2018 [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: http://ceskapozice.lidovky.cz/klimatolog-farda-navrat-k-puvodnimu-klimatu-je-z-rise-fantazie-p7k-/tema.aspx?c=A180816_144036_pozice-tema_lube
- [50] Nejhorší katastrofa v historii lidstva. In: *Eurozpravy.cz* [online]. 2017 [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <https://eurozpravy.cz/magazin/194761-nejhorsikatastrofa-v-historii-lidstva-pred-86-lety-zemrely-4-miliony-lidi/>
- [51] WEISS, Kenneth R. Bangladesh: Before the Flood. In: *Pulitzer Center* [online]. Washington, DC, 2014 [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <https://pulitzercenter.org/reporting/bangladesh-flood>
- [52] GOLDBERG, Mark Leon. Cyclone Idai Has Caused Massive Devastation in Mozambique, Malawi and Zimbabwe. In: *UN DISPATCH* [online]. 2019 [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <https://www.undispatch.com/cyclone-idai-has-caused-massive-devastation-in-mozambique-malawi-and-zimbabwe/>
- [53] VENKATESH, Shreeshan. Karnataka's water woes won't go away by throwing money on it. *Down To Earth* [online]. 2019 [cit. 2019-05-21]. Dostupné z:

<https://www.downtoearth.org.in/news/agriculture/drought-but-why-karnataka-s-water-woes-won-t-go-away-by-throwing-money-on-it-63390>

- [54] POOVANNA, Sharan a M.K. NIDHEESH. Karnataka to declare drought?. In: *Live mint* [online]. 2019 [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <https://www.livemint.com/Politics/mOFg1NQVBIyEN1q8729nGI/Karnataka-to-declare-drought.html>
- [55] DAVID. Fotoreportáž o největším sesuvu půdy v ČR. In: *Svornost* [online]. 2010 [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <http://www.svornost.com/fotoreportaz-o-nejvetsim-sesuvu-pudy-v-cr/>
- [56] Geografie sídel. *Zeměpis* [online]. Bučovice [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <http://www.gymbuc.cz/vyuka/zemepis/0408sidelnigeografie.pdf>
- [57] Two-thirds of world population will live in cities by 2050. *The Guardian* [online]. 2018 [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <https://www.theguardian.com/world/2018/may/17/two-thirds-of-world-population-will-live-in-cities-by-2050-says-un>
- [58] CARRINGTON, Damian. Global carbon emissions jump to all-time high in 2018. *The Guardian* [online]. 2018 [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <https://www.theguardian.com>
- [59] Megacity. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2019, 2019 [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/Megacity>
- [60] The world urban population. *URBANET* [online]. 2016 [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: <https://www.urbanet.info/world-urban-population/>
- [61] Adaptace na změnu klimatu ve městech. *Urban Adapt* [online]. Nadace Partnerství, 2015, 2015, s. 3 [cit. 2019-05-22]. ISBN 978-80-87756-09-6. Dostupné z: <https://urbanadapt.cz/cs/publikace-adaptace-na-zmenu-klimatu-ve-mestech>
- [62] O projektu urban adapt. *Urban Adapt* [online]. Praha, 2016, 2016 [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: <https://urbanadapt.cz/cs>
- [63] ŽÁK, Michal. Horké vlny a jejich vliv na lidské zdraví. *IN-POČASÍ* [online]. 2015 [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: <https://www.in-pocasi.cz/clanky/teorie/horke-vlny-zdravi-14.8.2015/>
- [64] Vysvětlení pojmů. *Opatření-Adaptace* [online]. Praha, 2017, 2017 [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: <http://www.opatreni-adaptace.cz/vysvetleni-pojmu/#eko-slu>
- [65] Projevy a dopady změny klimatu v Brně. *Urban Adapt* [online]. Praha, 2015 [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: <https://urbanadapt.cz/cs/brno>
- [66] Smog solutions. *CBC* [online]. Canada, 2015 [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: <https://www.cbc.ca/news/world/smog-air-pollution-cities-1.3383313>
- [67] SOERGOEL, Andrew. From Resilience to Resurgence After Katrina. *US News* [online]. 2015 [cit. 2019-05-22]. Dostupné z:

<https://www.usnews.com/news/articles/2015/08/28/new-orleans-economic-resurgence-after-hurricane-katrina>

- [68] Povodeň v Čechách. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2019 [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Povode%C5%88_v_%C4%8Cech%C3%A1ch_\(2013\)](https://cs.wikipedia.org/wiki/Povode%C5%88_v_%C4%8Cech%C3%A1ch_(2013))
- [69] Povodně Praha 2013. *Adviseurmakelaar* [online]. 2019, 2018 [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: <http://www.adviseurmakelaar.nl/povodne-praha-2013-mapa/>
- [70] Mitigace a adaptační možnosti na změnu klimatu pro ČR. *Klimatická změna* [online]. Brno [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: <https://www.klimatickazmena.cz/cs/vse-o-klimaticke-zmene/mitigace-a-adaptacni-moznosti-na-zmenu-klimatu-pro-cr/>
- [71] *Metodika hodnocení ekosystémových služeb v sídlech v České republice* [online]. 2016, , 5 [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: <http://www.uur.cz/images/1-uzemni-planovani-a-stavebni-rad/politika-architektury/implementace/tema8/is-vavai/017-metodika-hodnoceni-ekosystemovych-sluzeb.pdf>
- [72] TYPLTOVÁ, Radka. Na podzim začnou Češi sázet 10 milionů nových stromů, za každého jeden. *Reflex* [online]. Praha, 15.4.2019 [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: <https://www.reflex.cz/clanek/zpravy/94511/na-podzim-zacnou-cesi-sazet-10-milionu-novych-stromu-za-kazdeho-jeden.html>
- [73] Transpiration végétale. In: *Wikipedia* [online]. [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: http://oer2go.org/mods/fr-wikipedia-static/content/a/transpiration_v%25c3%25a9g%25c3%25a9tale.html
- [74] Radikální řešení: městské čtvrti bez aut. *Moudrá města* [online]. Brno, 30. listopadu 2018 [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: <https://www.moudramesta.cz/radikalni-reseni-mestske-ctvrti-bez-aut/>
- [75] Nákladní kola místo dodávek. *Moudrá města* [online]. Brno, 17. května 2018 [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: <https://www.moudramesta.cz/nakladni-kola-misto-dodavek/>
- [76] Ovzduší v Berlíně jako téma pro inovace. *Moudrá města* [online]. Brno, 16. května 2018 [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: <https://www.moudramesta.cz/ovzdusi-v-berline-jako-tema-pro-inovace-2/>
- [77] Modrá infrastruktura. *Klimatická změna* [online]. Brno: CzechGlobe, 2015 [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: <https://www.klimatickazmena.cz/cs/adaptace/mesta/>
- [78] ŽALUD, Zdeněk. Sucho z klimatické změny?. *Aktuálně.cz* [online]. 2017 [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: <https://zpravy.aktualne.cz/domaci/sucho-z-klimaticke-zmeny-na-cesko-uz-zacina-dolehat-varuje-p/r~e55c5934e3a511e68ea50025900fea04/>
- [79] Extrémně suché počasí se dotkne hlavně zemědělců. *České noviny* [online]. 27.08.2018 [cit. 2019-05-22]. Dostupné z:

<https://www.ceskenoviny.cz/zpravy/analytici-extremne-suche-pocasi-se-dotkne-hlavne-zemedelcu/1656433>

- [80] Odhadované dopady sucha na výnos hlavních plodin. *Intersucho* [online]. 2019, 3.5.2019 [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: <https://www.intersucho.cz/cz/?map=3&from=2019-04-09&to=2019-05-07&t=2019-05-03>
- [81] ŠÁRKA, Jan. Městské zemědělství. *Digitální knihovna* [online]. [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/51990/169-173_sarka.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [82] Continuous Productive Urban Landscape (CPUL). *Maximum Yield* [online]. [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: <https://www.maximumyield.com/definition/2174/continuous-productive-urban-landscape-cpul>
- [83] 29 Surprising Benefits of Urban Farming. *Urban vine* [online]. [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: <https://www.urbanvine.co/blog/urban-farming-benefits>
- [84] 4 Types of Urban Agriculture. *Five borough farm* [online]. New York [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: <http://www.fiveboroughfarm.net/urban-agriculture/4-types/>
- [85] Eagle street rooftop farm. *Rooftop farms* [online]. Brooklyn [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: http://rooftopfarms.org/2011/09/sunday-market-september-11th/img_3148/
- [86] Co je to komunitní zahrada. *Envic sdružení* [online]. Plzeň, 2013, 2013 [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: <http://www.envic-sdruzeni.cz/zahrada-zahradniceni/komunitni-zahrada/co-je-to-komunitni-zahrada.htm>
- [87] Mapa komunitních zahrad a kompostérů. *Mapko* [online]. Kokoza [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: <https://www.mapko.cz>
- [88] Prazelenina. *Prazelenina* [online]. Praha, 2018 [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: <http://www.prazelenina.cz>
- [89] PAVLOVIČ, Radek. Laboratorní zelenina pronikla do Česka. *E15.cz* [online]. 20. dubna 2017 [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: <https://www.e15.cz/magazin/laboratorni-zelenina-pronikla-do-ceska-v-breclavi-startuje-prvni-vertikalni-farma-1331459>
- [90] MICHALÍKOVÁ, Hana. Hydroponické pěstování rostlin. *Rostliny-semena* [online]. [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: <http://www.rostliny-semena.cz/cz/clanky-semena-osiva-tropicke-a-subtropicke-rostliny/Hydroponicke-pestovani-rostlin/>
- [91] Urban agriculture: what and why?. *Ruaf* [online]. [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: <https://www.ruaf.org/urban-agriculture-what-and-why>
- [92] Boromejská zahrada. *Otevřená zahrada* [online]. Brno, 2014, 2015 [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: <http://oz.nap.cz/O-nas/boromejska-zahrada.aspx>

- [93] O zahradě. *Boromejská zahrada* [online]. Brno [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: <https://www.boromejskazahrada.cz/o-zahrade.aspx>
- [94] ŽÁKOVÁ, Erika. *Permakulturní praktiky a možnosti jejich využití*. Brno, 2017. Bakalářská práce. Mendelova univerzita v Brně. Vedoucí práce Doc.Ing. Dr. Milada Šťastná.
- [95] ZAHRADAPRORADOST: vysoký záhon [online]. [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: <http://www.zahradaproradost.cz/perma/zahony-a-mikroklima-vysoky-zahon>
- [96] FOREJTOVÁ, Irena. In: *Abeceda zahrady* [online]. ©2019 [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: <https://abecedazahrady.dama.cz/clanek/jak-se-stavi-vyvyseny-zahon#part=2>
- [97] Raised beds filling in layers. In: *Book of Life with Mother Earth* [online]. [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: <http://www.soz-etc.com/natur/Ldw-perma/d/004a03-bodentricks-d/027-ENGL-raised-bed-Layers-filling03.jpg>
- [98] Aplikovaná ekologie. *Ústav vodního hospodářství* [online]. Brno [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: <http://uvhk.fce.vutbr.cz/cs/as001-ms01-aplikovana-ekologie>
- [99] ČSN 750434: *Potřeba vody pro doplňkovou závlahu*. Praha: Český normalizační institut, 1994.
- [100] Dlouhodobý srážkový normál 1981-2010. *Český hydrometeorologický ústav* [online]. Praha, 2019 [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-srazky#>
- [101] Definitivní údaje o sklizni zemědělských plodin - 2018. *Agrární komora České republiky* [online]. Praha, 2019 [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: http://www.akcr.cz/data_ak/19/k/Stat/SklizenDefinitivni190218.pdf
- [102] Průměrné jednotkové ceny zemědělských výrobků 1. *Český statistický úřad* [online]. Praha, 2019 [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/cs/index.jsf?page=vystup-objekt&z=T&f=TABULKA&katalog=31785&pvo=CEN02A1&evo=v2406_!_CEN02-2018_1#w=
- [103] Na Zelném trhu přibudou nové stromy, fontána a lavičky. *Brno* [online]. Brno, 31. březen 2014 [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: <https://www.brno.cz>
- [104] Mapa teplot povrchů pro to 2015. *GIS Brno* [online]. Brno, 2015, 2015 [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: <http://gis.brno.cz>